

Luis Fernando Plenge Tellechea
Jorge Alberto Pérez León
(Coordinadores)

UACJ

CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL



*Ciencia en la frontera:
revista de ciencia y tecnología
de la Universidad Autónoma
de Ciudad Juárez*

DIRECTORIO

Javier Sánchez Carlos
Rector

David Ramírez Perea
Secretario General

Martha P. Barraza de Anda
*Coordinadora General de
Investigación y Posgrado*

Hugo Staines Orozco
Director del ICB

Servando Pineda Jaimes
*Dirección General de Difusión
Cultural y Divulgación Científica*

CONSEJO EDITORIAL
*Emilio Álvarez Parrilla
Leonel Barraza Pacheco
Alejandro Donohue Cornejo
Esaúl Jaramillo
Alejandro Martínez
Francisco Molinar Holguín
Antonio de la Mora
Helvia Pelayo Benavides
Luis Fernando Plenge
Joaquín Rodrigo García
Laura de la Rosa
Hugo Staines Orozco
Gilberto Reyes Leal
Yolanda Loya*

DIRECTOR
Luis Fernando Plenge

DIAGRAMACIÓN
César Muñiz

Álvaro Álvarez Parrilla

Fac. Ciencias, Matemáticas, UABC,
Ensenada, B. C.

Francisco Fernández Belda

Depto. de Bioquímica y
Biología Molecular (A), Universidad
de Murcia, Murcia, España.

Alex Fragoso Sierra

Fac. de Química. Universidad
de La Habana, Cuba.

Jorge Gardea Torresdey

Chemistry, UTEP, El Paso, Texas.

Armando Gómez Puyou

Investigador Emérito. Instituto de
Fisiología Celular, Depto. Bioquímica,
UNAM. México, D. F.

Gustavo González

Tecnología de Alimentos de
Origen Vegetal, CIAD
Hermosillo, Sonora, México.

Louis Irwin

Biological Science, UTEP, El Paso, Texas.

José Luis Ochoa

CIBNOR, La Paz, B.C.S.

Esther Orozco

CINVESTAV, México, D. F.
Biomedicina Molecular.

María Jesús Periago

Depto. de Bromatología e Inspección de Alimen-
tos, Universidad de Murcia, Murcia, España.

Gaspar Ros Berruezo

Depto. de Bromatología e Inspección
de Alimentos, Universidad de Murcia,
Murcia, España.

Rocío Salceda Sacanelles

Instituto de Fisiología Celular, Depto.
Neurociencias, UNAM, México, D. F.

Fernando Soler

Depto. de Bioquímica y Biología
Molecular (A), Universidad de
Murcia, Murcia, España.

Marieta Tuena de Gómez Puyou

Investigadora Emérita. Instituto de Fisiología
Celular, Depto. Bioquímica, UNAM.
México, D. F.

José Vázquez Tato

Fac. de Ciencias, Depto. de
Química Física. Universidad de
Santiago de Compostela,
España.

Ricardo Tapia Ibarguengoytia

Neurociencias
IFC-UNAM

Herminia Pasantes

Neurociencias
IFC-UNAM

Thomas Kretzschmar Steinle

Área de Geofísica
CICESE en Ensenada
Baja California, México

*Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ / Universidad Autónoma de Ciudad Juárez,
Coordinación General de Investigación y Posgrado. Vol. 7. (2009). Ciudad Juárez, Chih.: UACJ, 2007.*

v. ; 21 cm.

Seriada

1. Ciencias Puras – Publicaciones Periódicas
2. Ciencias Aplicadas – Publicaciones Periódicas
3. Ingeniería – Publicaciones Periódicas

Q4.R48 1999

505.R48 1999

Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ Vol. 8, Número 2, 2010, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, a través del Instituto de Ciencias Biomédicas y de la Coordinación de Investigación y Posgrado del ICB y el Departamento de Ciencias Básicas. Editor responsable: Fernando Plenge Tellechea. Reserva al uso exclusivo otorgada por INDAUTOR Núm. 4-2007-030513570700-01 y el ISSN 2007-042X. Publicidad, anuncios y suscripciones, dirigirse a: *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, Heroico Colegio Militar 3775, 32310 Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Tel. (656) 688 18 85. Copyright © UACJ

Los manuscritos propuestos para publicación en esta revista deberán ser inéditos y no haber sido sometidos a consideración a otras revistas simultáneamente. Al enviar los manuscritos y ser aceptados para su publicación, los autores quedan que todos los derechos se transfieren a *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, quien se reserva los de reproducción y distribución, ya sean fotográficos, en micropelícula, electrónicos o cualquier otro medio, y no podrán ser utilizados sin permiso por escrito de *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, véase además notas para autores.

Permisos para otros usos: el propietario de los derechos no permite utilizar copias para distribución en general, promociones, la creación de nuevos trabajos o reventa. Para estos propósitos, dirigirse a *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, correo electrónico fplenge@uacj.mx.

CONTENIDO

<i>Tolerancia a salinidad de genotipos de Canola (Brassica Napus y Rapa) en etapas tempranas de desarrollo</i> Miguel Palomo-Rodríguez, Miguel A. Flores Ortiz, Rodolfo Faz Contreras, Francisco J. Pastor López, Damián Torres Hernández.....	7
<i>Métodos tradicionales y de vanguardia por el laboratorio para el diagnóstico de tuberculosis</i> Jesús Ángel Araujo González, Alejandro Martínez Martínez	13
<i>Estrategias de control de la población canina</i> Héctor Serrano, José Luis Gómez-Olivares, Enrique Mendieta, Arturo Salame y María Dolores García-Suárez	21
<i>Eficiencia alimenticia, rendimiento y componentes de la canal de corderos panza negra, rambouillet y sus mestizos</i> Ezequiel Rubio Tabarez, Andrés Quezada Casasola, Damián Maldonado González, Ana Cecilia Dzul Jaime, Esaúl Jaramillo López y Eduardo Pérez Eguía.....	33
<i>La excreta de cerdo como ingrediente alimenticio en la dieta de rumiantes</i> Héctor González García, Jerónimo Venegas Maldonado, Aracely Orozco Erives, Roberto Martínez de la Rosa, Efraín García SanMiguel, Imelda Ramos Guevara y Álvaro Rodríguez Rivera.....	39
<i>Colección pteridológica del programa de Biología de ICB-UACJ</i> Ana Beatriz Marín Reyes, Miroslava Quiñónez Martínez, Rafael Corral Díaz.....	49

ABSTRACTS

Traditional and cutting-edge methods for laboratory diagnosis of tuberculosis

Jesús Ángel Araujo González, Alejandro Martínez Martínez13

Street dog overpopulation is a Public health problem in Latin american cities. Free roaming and feral dog are zoonosis-transmitters to human populations. Brucellosis, leishmaniasis are, along with rabies, the most representative zoonosis potentially transmitted to the human besides the economic investment from public and private resources. Most used strategies for dog population control are humanitarian sacrifice, surgical sterilization and most recently, the immunization against different immunogens such as the gonadotropin releasing factor and the zona pellucida covering the oocyte. The efficiency of these strategies has been marginal for several reasons such as the occupancy of the free niches by other disease-bearing populations or the need of repetitive immunizations that made them refringent and budget-consuming. The use of natural products that can be easily administered is now being explored as a complementary method in order to increase the efficiency of those used at the present. Here we present a short review of the field.

Keywords: Dog overpopulation, contraception, phytoestrogens.

Control Strategies of the canine population

Héctor Serrano, José Luis Gómez-Olivares, Enrique Mendieta,

Arturo Salame y María Dolores García-Suárez21

Street dog overpopulation is a Public health problem in Latin american cities. Free roaming and feral dog are zoonosis-transmitters to human populations. Brucellosis, leishmaniasis are, along with rabies, the most representative zoonosis potentially transmitted to the human besides the economic investment from public and private resources. Most used strategies for dog population control are humanitarian sacrifice, surgical sterilization and most recently, the immunization against different immunogens such as the gonadotropin releasing factor and the zona pellucida covering the oocyte. The efficiency of these strategies has been marginal for several reasons such as the occupancy of the free niches by other disease-bearing populations or the need of repetitive immunizations that made them refringent and budget-consuming. The use of natural products that can be easily administered is now being explored as a complementary method in order to increase the efficiency of those used at the present. Here we present a short review of the field.

Keywords: Dog overpopulation, contraception, phytoestrogens.

Alimentary efficiency, carcass yield and components in Black Belly, Rambouillet their crossbred lambs

Ezequiel Rubio Tabarez, Andrés Quezada Casasola,
 Damián Maldonado González, Ana Cecilia Dzul Jaime,
 Esaul Jaramillo López y Eduardo Pérez Eguia.....33

In order to evaluate the effect of breed on voluntary intake, average daily gain (GDP) and feed conversion (CA), 24 lambs were used on this study. Lambs were 150±15 days old (12 male and 12 female), from two breeds, Black belly (Pn; n=8), Rambouillet (R; n=8) and their cross (M; n=8). The lambs were assigned in different gender couples to 12 stalls for the study. The feedstuff used contained approximately 14% crude protein and 2.6 megacalories per kg on a dry matter basis and was offered daily for free consumption in order to evaluate it on a 10% higher volume than the day before for 35 days. GDP was higher for R (.201 Kg) than M (.158 Kg) and Pn (.095 Kg) $P<0.05$. According to phenotype and gender, GDP and CA for males were higher ($P<0.05$). All lambs showed a lineal on feed consumption by breed, gender and period. To determine the measures, yield and carcass components, six lambs were slaughtered (one male and female with the middle weights from each breed). Carcass yield was higher for Pn than R and M ($P<0.05$) but these two were not different ($P>0.05$). A relationship can be observed between carcass weight and its components, showing that M had higher yields on the loins (7.30%) when they were compared with Pn (6.55%) but similar to R (7.34%; $P>0.05$). From there results we can conclude that breeding Pn ewes with R males will increase feeding efficiency of M lambs and carcass characteristics when compared with Pn lambs.

Keywords: Lambs, voluntary intake, weight gain, carcass yield.

Swine manure as a feedstuff for ruminants diet

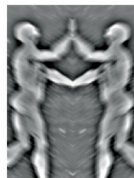
Héctor González García, Jerónimo Venegas Maldonado,
 Aracely Orozco Erives, Roberto Martínez de la Rosa,
 Efraín García SanMiguel, Imelda Ramos Guevara y Álvaro Rodríguez Rivera.....39

One important problem in pigs production is the management of wastes, because of its reduction difficulty causes a high level of pollution. In Mexico aerobics and anaerobic systems are used for excreta reduction; however, only the tecnified farms have the economic and technological resources for these facilities. Pigs farmers belong to the semitecnified stratus and don't have such resources and that's why, one of the options to get rid of it, is the ruminant diets. Nevertheless, one of the excreta characteristics is its high level of humidity which causes management difficulties. Geographic regions with warm, sunny and steamy days allows however, to sun dry the pig excreta as an economic and practical proceeding, besides, lowers the bacterial, eggs and parasites presence in it.

Pteridological collection for the Biology program of ICB-UACJ

Ana Beatriz Marín Reyes, Miroslava Quiñónez Martínez, Rafael Corral Díaz.....49

The first pteridological collection for the Biology Program of ICB-UACJ appears, whose area of study includes 21 locations in different states from the Mexican Republic: Chihuahua, Sinaloa, Veracruz, Durango, México, Hidalgo, Querétaro and Tamaulipas. 133 taxa were classified, 71 of them at specific level and 62 at generic level. The Pteridofita division was represented by the Filicopsidae class with 12 families, 20 genus and 38 species. They emphasize the genus *Cheilantes*, *Adiantum*, *Asplenium* and *Pteridium* with the greater wealth of species mainly of the states of Sinaloa, Veracruz mainly, Durango and Chihuahua. A representative of the class Ophioglossidae and one of the Marattiaceae class appear only. As far as compatible plants one gets up a species of the *Equisetum* genera and a species of the *Selaginella* genera. This pteridological collection mainly represents a great importance for the herbarium of ICB-UACJ so that it is one of the divisions of greater diversity.



Tolerancia a salinidad de genotipos de Canola (*Brassica Napus* y *Rapa*) en etapas tempranas de desarrollo

Miguel Palomo-Rodríguez, Miguel A. Flores Ortiz,
Rodolfo Faz Contreras, Francisco J. Pastor López, Damián Torres Hernández

RESUMEN

El estudio fue desarrollado en las instalaciones del INIFAP-Valle de Juárez, para evaluar 12 genotipos de canola en cinco concentraciones salinas con el propósito de identificar aquellos materiales genéticos que presenten una mayor tolerancia. La investigación fue llevada a cabo en macetas de plástico de un litro y el material inerte fue arena procedente de dunas, que fue lavada con agua desionizada. Los tratamientos de estudio fueron los niveles de conductividad eléctrica (CE) 1.40, 3.25, 5.10, 8.35 y 11.60 dS m⁻¹, generados con una fuente altamente salina de agua de bombeo (11.60 dS m⁻¹) y una fuente de agua potable (1.40 dS m⁻¹), las que fueron diluidas en diferente proporción y que se aproximan a las características hidrogeoquímicas del acuífero local. Se utilizó como fuente nutrimental una solución de Steiner y el periodo de evaluación correspondió para 7 semanas. El diseño experimental fue un bifactorial completamente al azar con cuatro repeticiones. Las variables agronómicas evaluadas fueron materia verde y materia seca de follaje, materia seca de raíces y altura final de plantas. Se obtuvieron análisis de varianza y regresiones entre respuesta agronómica con niveles de salinidad. Se estableció el valor CE (dS m⁻¹) al cual se tiene una respuesta agronómica de cada variable agronómica para 0, 25, 50, 75 y 100% de rendimiento relativo (RR). Los genotipos tolerantes fueron: IMC 108, CNH 517 e Hyola 60, en tanto los susceptibles corresponden para Scoop, IMC 2004 e Hyola 401.

Palabras clave: Componentes del rendimiento, respuesta agronómica, genotipos susceptibles.

INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas y semiáridas destacan dos factores que son limitantes para la producción de cultivos: la escasez de agua y niveles de salinidad en los suelos y agua de riego, sobre todo la que proviene del bombeo profundo. Dichas zonas poseen las condiciones adecuadas para favorecer, en el mediano y largo plazo, un proceso de salinización de los suelos, ya que la elevada evaporación permite un afloramiento de sales en la superficie de los suelos, debido, entre otras causas, al agua freática somera que se tiene en los distritos de riego, lo que facilita el proceso de salinización. Entre las alternativas que se tienen para lograr una explotación redituable de estos suelos está el uso de especies tolerantes a salinidad.

En el Valle de Juárez, Chihuahua se tienen condiciones de alta concentración salina, en más de un 60 por ciento de los suelos y el 90 por ciento del agua de bombeo se clasifica como salina y muy altamente salina, así como baja y media en sodicidad; los valores promedio de conductividad eléctrica (CE) en el agua de riego que corresponde a bombeo es de 3.38 dS m^{-1} y valores de 5.2 para la relación de adsorción de sodio (RAS), aunque destaca la presencia de pozos de bombeo para el riego de cultivos que poseen valores de 8 hasta 12.4 dS m^{-1} (Palomo-Rodríguez, 2005).

El INIFAP ha trabajado el programa de diversificación de cultivos en la zona indicada, orientado a ofrecer a los productores alternativas de producción que sean atractivas en su rentabilidad. Entre las opciones tecnológicas que se han investigado destacan pistacho, cártamo y cebada, mismas que poseen una marcada tolerancia a salinidad. La evaluación de la tolerancia a salinidad en etapas tempranas de desarrollo, como germinación y plántula, es una metodología útil en trabajos de selección de variedades y mejoramiento genético para tolerancia a salinidad, ya que permite evaluar un mayor número de materiales en menor tiempo y espacio. Los estudios sobre tolerancia a salinidad en germi-

nación y primeras etapas de desarrollo son limitados, como lo señala Figueroa *et al.*, (2005), además destaca que en los estudios realizados para el Valle de Juárez, se utiliza material perlita o arena de médanos como sustrato y los tratamientos de estudio están conformados por variadas concentraciones salinas del agua de riego.

Con el propósito de contar con información para la toma de decisiones respecto a los genotipos que deben utilizarse en condiciones de salinidad y que permitan aumentar el potencial productivo de los cultivos del Valle de Juárez, investigadores del INIFAP se han dado a la tarea de conformar una línea de investigación al respecto: el objetivo del estudio fue evaluar la tolerancia a salinidad de 12 genotipos de canola (*Brassica napus* y *rapa*) en etapas tempranas de desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó bajo un sombreadero en instalaciones del Campo Experimental Valle de Juárez (INIFAP), ubicado en el kilómetro 63 de la carretera Juárez-Porvenir en la frontera norte del estado de Chihuahua, con ubicación geográfica $106^{\circ} 00' 22'' \text{ W}$ y $31^{\circ} 21' 02'' \text{ N}$, en la cuenca del río Bravo. Un total de 12 variedades de canola (*Brassica napus* y *rapa*) que se indican en el cuadro 1 y que proceden del Programa Nacional de Investigación, Validación y Transferencia de Tecnología del INIFAP, fueron evaluadas en cinco niveles de salinidad para etapas tempranas de desarrollo, de acuerdo a la metodología utilizada por Figueroa *et al.*, (2005).

Los niveles de salinidad que corresponden a los tratamientos de estudio fueron (1.40 , 3.25 , 5.10 , 8.35 y 11.60 dS m^{-1}) a los cuales les corresponde una diferente composición iónica y relación de adsorción de sodio (RAS) y que se apega a la naturaleza hidro-geoquímica del acuífero del Valle de Juárez, Chihuahua (Palomo-Rodríguez *et al.*, 2010; Palomo-Rodríguez y Chew 2008; Palomo-Rodríguez y Villalba, 1987). El estudio se realizó en macetas de

material plástico de capacidad de un litro, donde se utilizó arena como sustrato inerte. La arena de los médanos de San Agustín fue previamente lavada con agua des-ionizada en repetidas ocasiones para eliminar la concentración de sales solubles. Al momento de aplicar los riegos de auxilio se adicionó una solución nutritiva (Steiner, 1961).

Cuadro 1. Material genético de canola (*Brassica napus* y *rapa*) utilizado en la investigación de tolerancia a salinidad

Genotipos evaluados			
IMC 108	IMC 204	SCOOP	Monty
IMC 205	IMC 207	CNH 505	HYOLA 401
IMC 105	IMC 104	CNH 517	HYOLA 60

El estudio se estableció en un experimento bifactorial con cuatro repeticiones, donde los factores de investigación correspondientes fueron: a) 12 variedades de canola y b) cinco niveles de salinidad. Un total de 240 macetas fueron sembradas en condiciones de sombreadero de maya negra que permite el paso de la luz en un 60%. Fueron sembradas 40 semillas por cada maceta y el periodo que duró la etapa de trabajo fue de 7 semanas, a partir de agosto de 2004. Los parámetros evaluados al finalizar el estudio fueron los siguientes: producción de materia seca y materia verde, producción de raíces y altura final de plantas. La información fue procesada estadísticamente mediante regresión lineal simple y análisis de varianza. Los tratamientos de salinidad para el agua de riego, se obtuvieron del mezclado de diferentes proporciones volumétricas que corresponden a dos pozos de bombeo (1.40 y 11.60 dS m⁻¹).

La proporción de mezclado de las dos fuentes de agua salina, se obtuvo con la expresión:

$$CE_{nf} = (CE_{na} Q^a / Q^t) + (CE_{nb} Q^b / Q^t)$$

Donde:

CE_{nf} = Concentración final de sales del mezclado de aguas dS m⁻¹

CE_{na} = Concentración de sales de la fuente de bombeo a dS m⁻¹

CE_{nb} = Concentración de sales de la fuente de bombeo b dS m⁻¹

Q^a = Volumen proporcional de la fuente de bombeo a

Q^b = Volumen proporcional de la fuente de bombeo b

Q^t = Volumen total del mezclado de aguas

Los valores CE_{nf} se obtuvieron en forma teórica y posteriormente se comprobaron en laboratorio, para ello se utilizaron cuatro repeticiones de mezclado, esto fue hasta encontrar la proporción volumétrica que mejor se ajustara a los valores de salinidad que corresponden a los tratamientos de investigación propuestos. Para las variables evaluadas se obtuvo el valor límite de tolerancia (VLT) expresado por dS m⁻¹ y pendiente de regresión (B), de acuerdo con la metodología de Mass y Hoffman (1977), donde la respuesta de la mayoría de los cultivos a las sales puede ajustarse a una ecuación de línea recta del tipo:

$$R = 100 - \beta (CE - A)$$

Donde:

R = Rendimiento o crecimiento relativo

β = Pendiente de la línea recta: indica el porcentaje de disminución del rendimiento por cada unidad que se incrementa la conductividad eléctrica (CE) del suelo, por encima del valor límite de tolerancia (A).

A = Valor de tolerancia, abajo del cual no se ve afectado el rendimiento.

CE = Conductividad eléctrica (dS m⁻¹)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los genotipos presentan una disminución de la producción de follaje, tanto para materia seca como verde, altura de plantas y producción de raíces al aumentar los niveles de salinidad. El análisis de varianza indica que la salinidad afectó la producción de las cuatro variables agronómicas evaluadas. Las variedades que muestran una mayor sensibilidad al efecto osmótico de la solución del sistema de raíces, corresponde para Hyola 401 y Scoop, ya que a valores de 14 a 16 dS m⁻¹ la tolerancia relativa a salinidad, expresan una producción nula, en tanto las variedades CNH 517, IMC 205 e IMC 108, alcanzan el mismo umbral de producción a valores de 29-32 dS m⁻¹ de tolerancia relativa (figura 1). Aun cuando la variedad Hyola 401 es comercialmente sembrada en el noroeste de México (Sonora), es factible aumentar los rendimientos de grano en condiciones salinas al utilizar otros genotipos.

El valor límite de tolerancia (VLT) a salinidad para cada genotipo se indica en el cuadro 2, donde los valores de pendiente de regresión y coeficiente de determinación, ejercen una aplicación similar a los modelos de Mass y Hoffman (1977). La disminución de cada parámetro al efecto de la salinidad es de tipo lineal con valores R^2 que son altamente significativos en forma general. Existen diferencias altamente significativas a la fuente de variación salinidad, variedad y en la interacción salinidad-variedad. El análisis de comparación de medias de Tukey indica que todas las variedades son estadísticamente diferentes entre sí al someterlas a diversos niveles de salinidad, esto es para materia verde de follaje, materia seca de raíces y altura final de plantas a la cosecha. Para materia seca de follaje se indica la prueba de comparación de medias, don-

de la variedad CNH 517 es estadísticamente igual al grupo conformado por los materiales CNH 505, Hyola 60 e IMC 205.

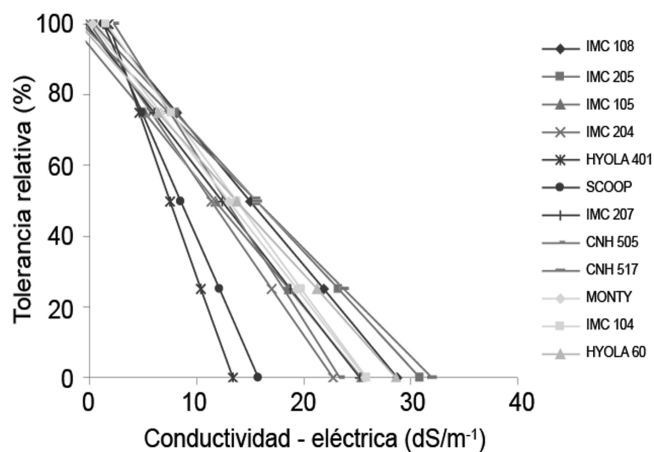


Figura 1. Tolerancia relativa a salinidad expresada en producción de materia seca de follaje para 12 genotipos de canola.

Cuadro 2. Valor límite de tolerancia (VLT) para genotipos de canola con respectivos estimadores de regresión lineal, en parámetros de materia verde y materia seca de follaje. INIFAP-Valle de Juárez.

Genotipo	Materia verde follaje			Materia seca follaje		
	VLT (dS m ⁻¹)	β	R ²	VLT (dS m ⁻¹)	β	R ²
IMC 108	1.1	-7.766	0.968	1.2	-3.621	0.938
IMC 205	0.1	-6.330	0.837	0.4	-3.278	0.926
IMC 105	-0.2	-8.619	0.819	-1.7	-3.692	0.852
IMC 204	0.5	-9.203	0.708	0.0	-4.407	0.895
HYOLA 401	-1.4	-9.030	0.749	1.7	-8.547	0.985
SCOOP	0.7	-10.772	0.810	1.3	-6.941	0.989
IMC 207	-1.7	-7.197	0.680	-0.4	-3.911	0.946
CNH 505	1.7	-9.709	0.937	2.2	-4.722	0.954
CNH 517	1.9	-8.914	0.934	-0.8	-3.044	0.872
MONTY	0.2	-8.877	0.888	0.3	-3.926	0.968
IMC 104	-0.1	-7.982	0.918	1.5	-4.100	0.911
HYOLA 60	1.2	-8.990	0.911	-1.0	-3.382	0.874

El mejor indicador que determina los genotipos tolerantes y susceptibles a salinidad es expresado por la pendiente de regresión que equivale al porcentaje de reducción en la producción de materia seca. El cuadro 2 destaca los valores de la pendiente de regresión más bajos, ligados al VLT que presentan los genotipos susceptibles como corresponde para Scoop, Hyola 401, IMC 204 y CNH 505. Las pendientes de regresión mayores, se asocian a los genotipos de mayor tolerancia a salinidad como ocurre con CNH 517, IMC 108 e IMC 205. El cuadro 3 nuevamente resalta valores para la pendiente de regresión, que se asocian al genotipo IMC 108 como uno de los materiales tolerantes, dado su VLT y donde nuevamente Hyola 401 y Scoop destacan como susceptibles.

CONCLUSIONES

1. Los valores crecientes de conductividad eléctrica afectaron en forma lineal la producción de materia verde de follaje, materia seca de follaje, la altura de plantas y la producción de raíces.
2. Existen diferencias altamente significativas

a la fuente de variación salinidad, variedad y en la interacción salinidad-variedad.

3. El mejor indicador para identificar a las variedades tolerantes y susceptibles a salinidad, es expresado por la pendiente de regresión, que equivale al porcentaje de reducción en la producción de materia seca.

4. Los genotipos que registran la mayor tolerancia a salinidad son CNH 517, IMC 205 seguido de IMC 108 e Hyola 60, en tanto los materiales más susceptibles corresponden para Hyola 401 y Scoop.

REFERENCIAS

- Figuroa, V.U., Flores, O.M. y Palomo-Rodríguez M. 2005. "Metodología para evaluar la tolerancia a salinidad de cultivos en etapas tempranas de desarrollo". En: *Revista AGROFAZ* 5(3):133-140.
- Mass, E.V. and A.J. Hoffman. 1977. "Crop salt tolerance current assessment". En: *J. Irrig. Drain. Div. ASCE*. 103:115-134.

Cuadro 3. Valor límite de tolerancia (VLT) para salinidad en doce genotipos de canola y estimadores de regresión para altura final de plantas y producción de materia seca de raíces.

Genotipo	Altura final de plantas			Materia seca de raíces		
	VLT (dS m ⁻¹)	β	R ²	VLT (dS m ⁻¹)	β	R ²
IMC 108	-0.1	-4.484	0.913	0.0	-4.555	0.896
IMC 205	1.4	-7.350	0.998	1.4	-7.348	0.998
IMC 105	1.9	-9.191	0.990	1.8	-8.993	0.989
IMC 204	1.5	-9.594	0.870	1.3	-8.818	0.841
HYOLA 401	-0.2	-8.645	0.917	-0.1	-9.519	0.898
SCOOP	-0.8	-7.697	0.851	-0.4	-9.093	0.879
IMC 207	1.0	-8.021	0.925	0.9	-7.652	0.922
CNH 505	2.4	-9.134	0.938	2.4	-8.914	0.934
CNH 517	1.5	-6.081	0.968	1.5	-6.021	0.967
MONTY	1.4	-5.443	0.992	1.4	-5.478	0.992
IMC 104	-0.4	-5.186	0.868	0.1	-5.960	0.887
HYOLA 60	1.3	-8.558	0.997	0.9	-7.145	0.970

- Palomo-Rodríguez M., Pastor L.F.J., Rivera G.M., y Ochoa M.E. 2010. Iones solubles asociados a tipos de salinización en agua de bombeo para el Valle de Juárez, Chihuahua. En: *Revista AGROFAZ*. 10(3): 313-318.
- Palomo-Rodríguez M., y Chew M.Y. 2008. “Concentración electrolítica del agua de bombeo asociada a iones solubles en Valle de Juárez, Chihuahua”. En: *Memorias de la XX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED*, pp. 689-694.
- Palomo-Rodríguez M. 2005. “Descripción hidro-agrológica del Valle de Juárez en búsqueda de soluciones para la conservación del agua”. En: *Memorias del Simposio “Asociaciones de colaboración binacional para la conservación del agua en la región Paso del Norte”*. Environmental Defense-INIFAP, Ciudad Juárez (México), pp. 23-29.
- Palomo-Rodríguez M. y Villalba A.A. 1987. “Geoquímica de aguas subterráneas de utilización agrícola en una zona árida”. En: *Bol. Dpto. Geol. UNI-SON*. Vol. 4:1-2, pp. 65-76.
- Steiner, A.A. 1961. “A method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition”. En: *Plant and Soil*. 15:134-154.

■ ARTÍCULO DE REVISIÓN

Métodos tradicionales y de vanguardia por laboratorio para el diagnóstico de tuberculosis

Jesús Ángel Araujo González,* Alejandro Martínez Martínez*

RESUMEN

El presente trabajo pretende hacer mención de los diferentes métodos más utilizados como herramienta por el laboratorio clínico para el diagnóstico de la tuberculosis. Desde la baciloscopia, el cultivo, los métodos de identificación bacteriana y la susceptibilidad a los antifímicos de primera línea, hasta la detección del microorganismo mediante técnicas de amplificación de ácidos nucleicos que permitan incluso la diferenciación de especie y presencia de genes asociados con procesos de resistencia a los fármacos.

Palabras clave: Tuberculosis, baciloscopia, cultivo, reacción en cadena de la polimerasa, secuencia de inserción.

INTRODUCCIÓN

La tuberculosis (TB) es una enfermedad infecto-contagiosa causada por el complejo *Mycobacterium tuberculosis* (*M. bovis*, *africanum*, *caneti*, *microti*) que data desde la antigüedad.¹ En los últimos tiempos ha tenido un incremento importante en su incidencia debido a la epidemia del Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH) en los países más desarrollados(1,2). Es una de las enfermedades con

mayor índice de mortalidad en el mundo, ya que la Organización Mundial de la Salud (OMS), estima que cada año más de 8 millones de nuevos casos de tuberculosis aparecen y aproximadamente de 2 a 3 millones de personas mueren por ésta (1, 2, 3, 4).

La tuberculosis puede ser curable en un gran porcentaje, siempre y cuando su diagnóstico se realice de manera adecuada en tiempo y forma, lo cual permita mantener al paciente dentro de un régimen de tratamiento estricto.(4) Los programas

*Docente, Instituto Ciencias Biomédicas, UACJ. jaraujo@uacj.mx

promovidos por la Organización Mundial de la Salud, la Organización Panamericana de la Salud y la Secretaría de Salud de México bajo la Directly Observed Treatment (DOT) o el Tratamiento Acortado Estrictamente Supervisado (TAES), han mostrado ser altamente efectivos.(4, 5)

De las estrategias a mediano y largo plazo para la eliminación o disminución de la TB, se ha planteado la importancia del diagnóstico temprano, oportuno y eficaz, el cual hace que el tratamiento sea administrado a los pacientes con la enfermedad activa de manera que permita la disminución en la propagación.(4)

La baciloscopia sigue siendo la técnica básica o elemental con la que se inicia toda investigación bacteriológica de la tuberculosis para detección de casos y control de la enfermedad.(2,4) Con un costo bajo y de rápida ejecución, la baciloscopia permite identificar un 70-80% de los casos positivos de tuberculosis pulmonar.(2) Esta técnica se utiliza generalmente en pacientes bacilíferos, es decir aquellos que son fuente de diseminación y por tanto se requiere etiquetar lo antes posible. Sin embargo, se necesitan al menos de 10(4) bacilos por mililitro para que en el informe se presente un resultado positivo.(4) Así, posee una alta especificidad, pero sólo alcanza una sensibilidad del 22 al 43%.(3) Por otra parte, el cultivo microbiológico del *Mycobacterium tuberculosis*, se emplea generalmente para descartar baciloscopias negativas con un diagnóstico clínico positivo.(4) En general, la sensibilidad del cultivo va de 80-85% con una especificidad de aproximadamente 98%.(6) Desafortunadamente y dada la naturaleza bioquímica-metabólica del bacilo tuberculoso, el crecimiento de la bacteria en cuestión puede durar de 2 a 8 semanas, retrasando obviamente el diagnóstico positivo.(4)

En la actualidad se cuenta con métodos más sensibles y específicos que permiten detectar en un menor tiempo la presencia de estos microorganismos (*M. tuberculosis*) en muestras clínicas. Algunos de éstos se basan en la amplificación de secuencias repetidas de ADN utilizando la reac-

ción en cadena de la polimerasa (PCR).(7) Esta metodología genera resultados satisfactorios en pacientes con baciloscopia positiva, ya que su límite inferior de detección es de 4 a 5 bacilos.(4,8) La PCR permite detectar fragmentos micobacterianos en muestras biológicas de pacientes con sospecha clínica de tuberculosis, pero con baciloscopias y cultivos negativos.(8) Con una sensibilidad y especificidad para muestras pulmonares, que va desde 74 a 100%, la técnica de PCR se lleva a cabo en cuestión de horas, obteniendo así resultados rápidos y confiables.(4,7)

MATERIALES Y MÉTODOS

Eventualmente, las muestras clínicas usadas para el diagnóstico de tuberculosis corresponden a expectoración (esputo o flema), sin embargo, cabe mencionar que otros fluidos biológicos pueden procesarse para investigar la presencia del bacilo tuberculoso tales como los siguientes: orina, líquido cefalorraquídeo, lavado gástrico, entre otros.

PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Inicialmente la muestra de expectoración deberá ser representativa de vías respiratorias bajas (secreción bronquial). Se sugiere que dicha muestra se maneje con un método de concentración, que permita incrementar las posibilidades de proporcionar un informe presuntivo de baciloscopia positiva fidedigno y confiable. Un método muy utilizado para concentrar y a su vez descontaminar la muestra cuando es necesario es con NALC-NaOH (2-4%). Se conocen otros como el procesamiento universal de muestras o USP (por sus siglas en inglés) con el que se obtienen resultados similares, aunque en algunos artículos lo consideran más eficiente.(12)

Lo importante es garantizar que si en la muestra existen microorganismos, éstos sean observados por microscopía. Para esto se cuenta con por lo menos dos técnicas de tinción: la de Zhiel-Neelsen y la de Truant, que ponen de manifiesto a los bacilos

ácido-alcohol resistentes (BAAR). La primera es la más ampliamente utilizada ya que la gran mayoría de los laboratorios cuenta con el equipamiento para su realización, pero su limitante es el personal capacitado en la realización de las lecturas. Las laminillas se deben observar utilizando el objetivo 100X del microscopio, evaluando un mínimo de 100 campos útiles. Se recomienda por algunas instancias leer hasta 300 campos. La tinción de Truant (auramina-rodamina), corresponde a un marcaje fluorescente propiamente, tiene la ventaja que puede ser observada utilizando el objetivo 40X del microscopio, con lo que se revisa más superficie en menos tiempo, además, la fluorescencia puede ser detectada con mayor facilidad. Sin embargo, eventualmente se genera fluorescencia inespecífica que pudiera interferir, pero la limitante mayor es el microscopio de fluorescencia requerido y cuyo costo es considerable. Las muestras positivas se clasifican según el contenido de BAAR en cada muestra. (9)

El informe por microscopía es preliminar, ya que sólo indica la presencia de BAAR y no de tuberculosis, pues existen micobacterias diferentes a *M. tuberculosis* denominadas atípicas y cuyo poder patógeno es discutible.

CULTIVO

Se le considera como el “estándar de oro” para el diagnóstico de tuberculosis por su sensibilidad y especificidad. Existe una gran variedad de medios utilizados para el aislamiento y recuperación de *M. tuberculosis*, los más difundidos son los siguientes: el medio de Lowenstein-Jensen y las variantes de Middlebrook 7H9, 7H10, 7H11, HSTB (“Heifets-Sanchez TB agar”), etcétera. Es recomendable en la medida de las posibilidades económicas del laboratorio el utilizar ambos medios de cultivo con la finalidad nuevamente de recuperar al microorganismo de una manera eficiente y oportuna. Existen en el mercado productos que optimizan tiempo y la recuperación de BAAR, mediante la incorporación

de sistemas de detección más sensibles al desarrollo bacteriano tales como marcaje con radio isótopos, indicadores fluorescentes o de cambios de presión. Algunos productos contienen suplementos para enriquecer el medio tales como los que se mencionan a continuación: glucosa como fuente de energía, ácido oleico como metabolito requerido, albúmina para secuestrar ácidos grasos tóxicos y catalasa para inactivar los peróxidos. Además, se adicionan con una mezcla de antimicrobianos como polimixina B, amfoterisina B, ácido nalidixico, trimetoprim y azlocilina para disminuir al máximo el desarrollo de la microflora bacteriana presente en la muestra. Los medios de cultivo después de ser inoculados se incuban a 37°C en estufas bacteriológicas para mantener una atmósfera con un 10% de CO₂ aproximadamente, condición que favorece el desarrollo del microorganismo en cuestión. Se deben realizar observaciones periódicas semanales para evidenciar crecimiento bacteriano y/o contaminación. Se recomienda mantener los medios hasta por 8 semanas, sin embargo, el desarrollo de *M. tuberculosis* aparece dentro de la segunda semana en medio líquido y en la tercera en los sólidos, aproximadamente. El factor tiempo es también de suma importancia, pues se conocen micobacterias de lento y rápido desarrollo, que junto con el pigmento generado en medio sólido forma parte del proceso integral de identificación fenotípica del microorganismo.

Así pues, una vez que se detecta y comprueba desarrollo de un BAAR, ya sea en medio líquido o sólido, el siguiente evento es la identificación de la especie microbiana mediante las tradicionales pruebas bioquímicas, cromatografía de alta resolución HPLC (por sus siglas en inglés) que se fundamenta en la separación del patrón específico de ácidos micólicos (-hidroxiácidos, -sustituidos) de la pared celular de las distintas especies de micobacterias y/o mediante herramientas de la biología molecular en las que se incluyen sondas marcadas para realizar hibridización, por ejemplo. Dentro de las principales pruebas bioquímicas que se practican para

etiquetar y diferenciar a *M. tuberculosis* de otras micobacterias son: producción de niacina y ureasa, reducción de nitratos, resistencia a hidracina del ácido 2 tiofenocarboxílico TCH_{5mcg/ml}, hidrólisis de tween 80, catalasa a 68°C negativa(13, 14), entre otras. La realización de pruebas bioquímicas consume mucho tiempo y por ende retraso del diagnóstico, por lo que los Centros para la Prevención y Control de Enfermedades de Atlanta (CDC por sus siglas en inglés) recomendaron en 1993 la utilización de métodos que permitieran disminuir el tiempo para la identificación de las micobacterias.(15) Estas herramientas corresponden a las denominadas sondas moleculares. Hoy en día, la utilización de este método ha permitido acortar el tiempo para la identificación e incrementar la especificidad de la prueba, así existen sistemas que utilizan quimioluminiscencia(16) como mecanismo de detección de los híbridos RNA-DNA_{sonda}.

El ensayo permite identificar microorganismos a partir de su RNA ribosomal o RNAr, el cual es específico de género, especie y familia. El procedimiento consiste en preparación de la muestra (lisis), hibridización (sonda marcada 60°C), selección (ensayo de protección), detección (luminómetro).

Una vez identificado el *M. tuberculosis* se procede a realizar las pruebas de sensibilidad a los fármacos que serán utilizados en el esquema de tratamiento por el clínico. Estos se realizan mediante la inhibición del desarrollo microbiano ya sea en placa o en medio líquido. Los antibióticos de primera línea utilizados son los siguientes: isoniacida, rifampicina, estreptomycin y etambutol. Obviamente el utilizar medio líquido acorta el tiempo del informe por parte del laboratorio.

EXTRACCIÓN DEL MATERIAL GENÉTICO

Como se ha mencionado, posterior al proceso de descontaminación y concentración de la muestra, ésta se utiliza para la preparación de los frotos, su

tinción y observación microscópica, para la inoculación de los medios de cultivo, para la extracción de material genético y eventualmente para su conservación.(10)

En junio de 1988 la revista *Nature* publicó la secuencia completa de nucleótidos de *M. Tuberculosis*, la cual presenta un alto contenido de guanina-citosina (GC), 4000 genes que traducen para proteínas, 250 genes relacionados al metabolismo de ácidos grasos y 50 genes para RNA. A partir de ese momento se han diseñado varios métodos para identificar a *M. tuberculosis* mediante la amplificación de secuencias nucleotídicas presentes sólo en el genoma del mencionado microorganismo mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés).(18) Se conocen elementos móviles comunes en eucariontes y procariontes, en estos últimos se les denomina secuencias de inserción (IS por sus siglas en inglés) de las que se conocen algunos tipos, siendo la IS-6110 la que se presenta con mayor frecuencia en el genoma del complejo *M. tuberculosis*, por lo que ha sido muy utilizada como blanco. Los patrones de localización y número de copias pueden ser muy diferentes entre cepas no relacionadas epidemiológicamente, pero los patrones de bandeo de las cepas aisladas de un mismo paciente son prácticamente estables durante el transcurso de la enfermedad. También se conocen otros marcadores moleculares, siendo los más utilizados las repeticiones directas (DR-Direct Repeats), el gen 16S rRNA, secuencias repetitivas cortas en tándem ricas en GC (PGRS-Polymorphic GC-rich tandem Repeat Sequence) (Ross *et al.*, 1992, van Embden *et al.*, 1995), repeticiones de oligonucleótidos cortos, (GTG)₅ (Wiid *et al.*, 1994), repeticiones en tándem del complejo polimórfico principal (MPTR-Major Polymorphic Tandem Repeat) (Hermans *et al.*, 1992).

Por otro lado, se conocen metodologías que permiten analizar el ADN genómico mediante el Análisis por Restricción con Endonucleasa (REA-Restriction Endonuclease Analysis), y Po-

limorfismo de fragmentos restricción (RFLP Restriction Fragment Length Polymorphism).(17)

La comparación genómica también ha mostrado la presencia de secuencias cortas repetidas denominadas MIRU (mycobacterial interspersed repeat units). La cantidad y localización de repeticiones son características de cada cepa de *M. tuberculosis*, por lo que pueden ser analizadas mediante métodos de PCR.

La espoligotipificación es una técnica de hibridación inversa cuyo fundamento es PCR, lo cual facilita detectar presencia o ausencia de 43 secuencias cortas únicas o de repeticiones directas. Las regiones espaciadoras separan las secuencias únicas a través de secuencias idénticas, lo que permite la utilización de la PCR.

Además de poder identificar las diferentes micobacterias aisladas de muestras biológicas, hoy por hoy es factible detectar la presencia de ciertos genes relacionados a los mecanismos de resistencia bacteriana. Por ejemplo, la resistencia a isoniácida se relacionó tiempo atrás inicialmente con la disminución en la actividad enzimática de catalasa; posteriormente se asoció con la mutación del gen *katG*, mismo que codifica para la síntesis de la enzima catalasa-peroxidasa y cuya actividad enzimática se ha relacionado a modificaciones que permitan la activación del fármaco, ya que más del 60% de las cepas resistentes tienen este gen mutado.

Sin embargo, también se ha demostrado que cuando el promotor *ahpC* del gen que impulsa la biosíntesis de la enzima alquil hidropéroxido-reductasa C se revierte la resistencia haciendo que la cepa sea sensible al fármaco.(19)

La isoniácida activada tiene como moléculas blanco a los ácidos grasos requeridos por las micobacterias, por lo que la mutación del gen *inhA* que codifica para la biosíntesis de proteína *inhA* requerida en la producción de estos ácidos grasos se ha asociado con cepas resistentes.(20)

Los marcadores genéticos de resistencia a los otros fármacos antituberculosos de primera línea

se relacionan también con presencia de mutaciones en determinados genes. Así, las cepas resistentes a rifampicina, la región 81 pb del gen *rpoB* se encuentra mutada, por lo que la síntesis del monómero beta de la RNA polimerasa está comprometido, para la resistencia a estreptomina. La mutación corresponde al gen *RRS*, el cual permite la formación de RNAr 16S, y el etambutol que interfiere con la biosíntesis del polímero arabino-galactano presente en la pared celular de las micobacterias se relaciona a la mutación del gen *embB*, cuyo producto es la enzima arabinosiltransferasa que participa en la síntesis del polímero.

Un posible marcador de multiresistencia pudiera ser rifampicina ya que eventualmente las cepas resistentes se asocian con resistencia a isoniácida.

Finalmente, después de revisar la metodología disponible que deja identificar al agente etiológico de la tuberculosis, nuestro grupo decidió utilizar un protocolo para amplificar la secuencia conservada a partir de frotis o laminillas teñidas y etiquetadas como positivas. Esto mediante la reacción de PCR en la que se utilizó un cebador dirigido a la secuencia de inserción IS 6110 correspondiente al complejo de *M. tuberculosis*.¹¹ Las reacciones se realizaron con un volumen final de 40 μ L, conteniendo agua libre de DNAsas 0.5 μ L, primer (10 μ M/mL) 0.5 μ L, PCR master mix 25 μ L y muestra 0.5 μ L. Las condiciones fueron 95 °C por 2' 20' y 30 ciclos de 95 °C por 20' para la desnaturalización del ADN, 62 °C por 30' para alineación del primer y 72 °C por 3' para la extensión de las cadenas además de una extensión final a 72 °C por 10'. La secuencia del oligonucleótido iniciador utilizado fue GTCTCCGGACTCA CCGG.

Los productos de PCR se analizaron por electroforesis (100 volts durante 45 minutos) en gel de agarosa al 0.8% teñido con bromuro de etidio,(11) usando el equipo VersaDoc Imagine System para su visualización, como se muestra en la figura 1.

Estamos probando también otras metodologías de extracción, así como distintos oligonucleótidos

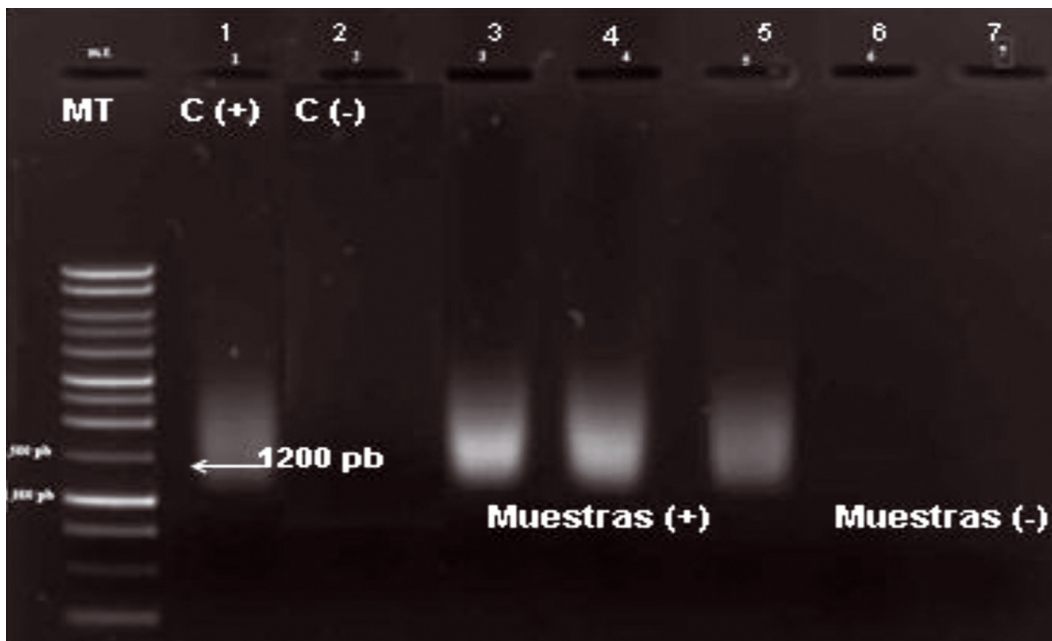


Figura 1. Gel de electroforesis para muestras de esputo amplificadas por PCR. Marcador de tamaño Bench Top 1 Kb. Carril 1 control positivo, carril 2 control negativo. Los carriles 3 al 5 especímenes positivos, carriles 6 y 7 muestras negativas para *M. tuberculosis*.

iniciadores, variantes de la PCR, entre otros, que agilizan la detección del microorganismo en cuestión.

CONCLUSIÓN

El conocimiento de los distintos métodos utilizados para el diagnóstico de la tuberculosis en todo el mundo, y principalmente en los países en vías de desarrollo, es crucial para disminuir la diseminación del padecimiento, lo cual permita reducir los costos del tratamiento y que sea administrado sólo a pacientes que realmente padecen la enfermedad. Por otro lado, es prioritario reconocer y etiquetar cepas multirresistentes o MDR (por sus siglas en inglés) para que el clínico pueda modificar el esquema de tratamiento. Así pues, consideramos que los métodos tradicionales y los moleculares se complementan, permitiendo obtener resultados cada vez más fidedignos, confiables y reproducibles, pero sobre todo acortando el tiempo para el diagnóstico de la enfermedad.

REFERENCIAS

1. Chávez Tapia, N.C., Lizardi Cervera J. "Tuberculosis". En: *Rev. Clin. Med. Sur* 2002, 9(4): 178-187.
2. Llaca Díaz, J.M., A. Flores Aréchiga, M.G. Martínez Guerra, C.P. Cantú Martínez. "La baciloscopia y el cultivo en el diagnóstico de la tuberculosis extrapulmonar". En: *RESPYN*, 2003, 4 (3): 158-162.
3. Zamora Palma, Alberto, Patricia Rangel Martínez. "Actualización en entidades patológicas y pruebas diagnósticas: La Nueva Tuberculosis". En: *Rev. Mex. Pat. Clin.* 2000, 47(2): 116-120.
4. Zenteno Cuevas, R. "Pasado, Presente y Futuro de las técnicas diagnósticas de Tuberculosis". En: *Rev Inst Nal Enf Resp Mex.* 2003, 16 (3): 181-186.

5. World Health Organization. "The World Health Report 2000". *Global Tuberculosis Control, Surveillance, Planning, Financing*. [En línea] 2003, United States of America.WHO/CDS/TB/2003.316.(<http://www.who.int/gtb/publications/globrep/index.html>)
6. Laniado-Laborin, R., N. Cabrales-Vargas. "No siempre una baciloscopia positiva indica tuberculosis. Otra razón para solicitar cultivos rutinariamente". En: *Rev Inst Nal Enf Resp Mex*. 2005.18 (4): 286-289.
7. Loera-Castañeda, V., J. Sánchez Corona, M.C. Morán Moguer. "El papel de las técnicas de biología molecular en el diagnóstico y control de tuberculosis". En: *Gac Méd Méx*. 2003,139(3): 288-290.
8. Morán Moguer, M., D. Aceves Hernández, P.M. Peña Montes de Oca, P.M. Gallegos Arreola, S.E. Flores Martínez, H. Montoya Fuentes, L.E. Figuera, L. Villa Manzanares, J. Sánchez Corona. "Detección de *Mycobacterium tuberculosis* por la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa en una población seleccionada del noroccidente de México". *Pan Am J Public Health*. 2000, 7(6):389-394.
9. Organización Mundial de la Salud (OMS), Unión Internacional contra la Tuberculosis y Enfermedades Respiratorias (UICTER), Organización Panamericana de la Salud (OPS), Center for Disease Control and Prevention (CDC), Instituto Nacional de Diagnóstico y Referencia Epidemiológica (INDRE), Association of Public Health Laboratories (APHL). 2000. Baciloscopia Directa de BAAR. Programa de Capacitación para Laboratorios. [En línea] 2006. <http://www.phppo.cdc.gov/dls/afb/spanish/spanish.pdf>
10. Khan, I.U., J.S. Yadav. "Development of a single tube, cell Lysis based, genus Specified PCR method for rapid Identification of Mycobacteria: Optimization of cell lysis, PCR primer and conditions, and restriction Pattern analysis". En: *J Clin Micro*. 2004, 42(1): 453-457.
11. Yates M.D., F.A. Drobniwski, S.M. Wilson. "Evaluation of a Rapid PCR bases Epidemiological Typing method for routine studies of *Mycobacterium tuberculosis*". En: *J of Clin Micro*. 2002, 40(2): 712-714.
12. Soumitesh Chakravorty†, Mridu Dudeja‡, M. Hanif, y Jaya Sivaswami Tyagi. "Utility of Universal Sample Processing Methodology, Combining Smear Microscopy, Culture, and PCR, for Diagnosis of Pulmonary Tuberculosis". En: *Journal of Clinical Microbiology*. Junio 2005, pp. 2703-2708
13. Vestal, A.L. "Procedures for the isolation and identification of mycobacteria". En: *HEW Publication No. (CDC), 1975, 75-8230*. Center for Disease Control, Atlanta, Georgia.
14. Murray, Patrick J. (ed)., *et al. Manual of Clinical Microbiology*, 6th Edition. American Society for Microbiology, Washington, D.C., 1995, pp. 420.
15. Tenover, F.C., J.T. Crawford, R.E. Huebner, L.J. Geiter, C.R. Horsburgh Jr. *et al.* "The resurgence of tuberculosis: is your laboratory ready?". En: *J Clin Microbiol*. 1993; 31: 767-770.
16. Package insert. "GenProbe Amplified *Mycobacterium tuberculosis* direct test". GenProbe Inc., San Diego, CA., 1998.
17. Viana-Niero, *et al.*, 2001, O'Brien *et al.*, 2000), (Laurent, *et al.*, 1996; Ritacco, *et al.* 1998; Young-Kil, *et al.*, 2000)
18. Del Portillo, P., L.A. Murillo, M.E. Patarroyo. "Amplification of a species-specific DNA fragment of *Mycobacterium tuberculosis* and its possible use in the diagnosis". En: *J Clin Microbiol*. 1991;29: 2163-2168.
19. Kelley, C.L., D. Rouse, S.L. Morris. "Analysis of ahpC gene mutations in isoniazid-resistant clinical isolates of M. Tuberculosis". En: *Antimicrob Agents Chemother*. 1997; 41: 2057-2058.
20. Banerjee, A., E. Dubnau, A. Qhemard *et al.* "InhA, a gene encoding a target for isoniazid and ethionamide in M. Tuberculosis". En: *Science*. 1994; 263: 227-230.

■ ARTÍCULO DE REVISIÓN

Estrategias de control de la población canina

Héctor Serrano,^{3*} José Luis Gómez-Olivares,³ Enrique Mendieta,³
Arturo Salame² y María Dolores García-Suárez¹

RESUMEN

La sobrepoblación de perros no domiciliados es un problema de salud pública en las urbes latinoamericanas. Junto con los perros ferales, los perros no domiciliados son portadores de enfermedades zoonóticas hacia el humano, principalmente brucelosis, leishmaniasis y, a pesar de las grandes inversiones económicas de los gobiernos y el sector privado, la rabia. Dentro de las estrategias que se han utilizado para su control están el sacrificio humanitario, la esterilización quirúrgica y actualmente una serie de metodologías de inmunoanticoncepción basadas en antígenos proteicos como el factor liberador de gonadotropinas o la zona pelúcida que cubre a los ovocitos. La eficacia de ellas ha sido casi nula por razones que van desde la invasión de nichos dejados por los animales eliminados, hasta la necesidad de inmunizaciones frecuentes que pueden hacer refringente o incosteable su uso. La utilización de compuestos naturales aplicados por vías simples y eficientes se está explorando para tratar de complementar los métodos clásicos y así aumentar su eficiencia. En esta comunicación, presentamos una revisión del campo.

Palabras clave: Sobrepoblación canina, anticoncepción, fitoestrógenos.

INTRODUCCIÓN

El perro ha sido un compañero útil al hombre desde la edad más remota y a la fecha se han creado y mejorado las diversas razas, las cuales han sido adaptadas a las necesidades y gustos del hombre (Blank, 1974). Esta cercanía ha permitido una diversificación en las tareas que se les ha asignado a

los perros. Es ampliamente conocido y documentado en diversas pinturas inglesas la utilidad de los perros beagle para perseguir y recuperar presas en los cotos de caza. Igualmente conocida es la fiereza de algunas razas como perros de guardia. El Pastor Alemán y los Doberman son de los mejores vigilantes. Otros más, como los labradores Retriever, son eficientes auxiliares en la detección de narcó-

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Deptos. de ¹Biología, ²Biología de la Reproducción y ³Ciencias de la Salud, ^{*}Av. San Rafael Atlixco 186, México 09340, DF, México. E-mail: hser@xanum.uam.mx

ticos y explosivos por la agudeza de su olfato, la obediencia que tienen a sus dueños o entrenadores, además de su conformación musculosa que les permite al mismo tiempo ser un trabajador intensivo.

Sin embargo, y a pesar de la aparente relación entre el hombre y las diversas razas de perros, no es raro encontrar cachorros o perros adultos que son abandonados en la vía pública cuando no se tiene la capacidad o facilidades para poder atenderlos. Esto ha provocado que la reproducción de estos perros no domiciliados se encuentre fuera de control. De la misma forma, las enfermedades a las que están expuestos y de las cuales pueden ser portadores o vectores hacia los humanos significan un foco importante que representa un problema de salud pública.

Es necesario mantener bajo control y vigilancia a los cánidos no domiciliados, entre otras cosas para evitar que deambulen por la vía pública o por el campo, debido al alto potencial de ser fuente de agresiones o infecciones hacia el humano o producirle lesiones, las cuales en ocasiones son de consecuencias graves, así como afectación de la economía. A los perros que se mantienen en dichas condiciones los podemos clasificar en tres diferentes tipos (Slater, 2001):

1. Perros que aparentemente tienen dueño y les permite deambular libremente por la calle, o perros que tuvieron alguna vez dueño y se perdieron o simplemente fueron abandonados por ya no ser deseados. Dentro de las razones para ello están los problemas de comportamiento, agresiones hacia los humanos u otros animales, características físicas del animal que lo hace difícil de manejar, o incluso otras como la salud del propietario o el simple cambio de domicilio (Slater, 2001; Scarlet *et al.*, 1999). En todos los casos, son perros que deambulan sin control por las ciudades, reproduciéndose y pudiendo ocasionar accidentes viales; son animales que están o no vacunados contra enfermedades como la rabia (Slater, 2001).
2. Perros sin dueño específico que no son domici-

liados. En el caso común de México, este tipo de animales estaría representado por los perros de la “cuadra”, calle o barrio. Todos estos animales tienen diferentes grados de interacción con el humano, pueden o no permitir el manejo y presentan diferentes grados de agresividad. Estos perros se reproducen sin control y por lo general, no están vacunados contra la rabia (Slater, 2001).

3. Perros ferales que habitan en zonas suburbanas. Generalmente provienen de padres ferales, no son sociables con el hombre, se agrupan en manadas siendo frecuentemente agresivos con perros de otras manadas. Al igual que en los casos anteriores, su reproducción es libre y sin control, no están vacunados contra la rabia (Slater, 2001).

Aunque se dice que los perros se reproducen y alimentan sin la intervención del hombre, también es cierto que estos animales se pueden alimentar de basura, o de animales silvestres y domésticos que cazan, de fruta y ocasionalmente de carroña (Green and Gipson, 1994; Butler *et al.*, 2000).

La agresión de perros hacia los humanos es un problema de gran relevancia sobre todo por su impacto desde el punto de vista de salud pública (Manteca, 2003). Se ha visto que las principales causas que generan la agresión son el miedo a personas desconocidas, socialización inadecuada, dolor, aprendizaje, entrenamiento, protección territorial e instintos maternos (Landsberg, 1991; Pal, 2005).

No es poco frecuente que los dueños de perros lleguen a ser atacados por sus mascotas, ya sea durante el juego o tratando de separarlos durante una pelea (CHIRP, 1996). Los perros que presentan conductas agresivas hacia los miembros de una familia, así como a personas conocidas, son la principal razón por la que un perro es desechado por su dueño (Guy *et al.*, 2001).

Aun cuando la frecuencia de agresiones es alta, es poca la notificación de casos de personas mordidas en Estados Unidos y México. Esto se debe a

que los lesionados que requieren atención hospitalaria son quienes reportan la agresión a las autoridades, los demás prefieren atenderse en casa, con el médico familiar; los que fueron atacados por su propio perro, normalmente no desean informarlo. Los niños son las víctimas más frecuentes de agresiones (Patronek y Rowan, 1995; Sacks *et al.*, 1996). La incidencia de este tipo de agresiones se muestra en la tabla 1.

Además del daño físico, debe considerarse el impacto psicológico y emocional derivado de la propia agresión, así como el sufrimiento y la ansiedad de las personas mordidas ante el temor de contraer la rabia u otras enfermedades, así como el daño económico por las horas-hombre perdidas en los tratamientos médicos y profilácticos antirrábicos (Acha y Cifres, 2003; De Keuster *et al.*, 2006).

La estrecha relación hombre-perro ha permitido que varios de los agentes productores de enfermedad se transmitan entre ellos. En el caso de la rabia, se han determinado dos ciclos epidemiológicos: el aéreo, en donde el murciélago hematófago *Desmodus rotundus* es el principal transmisor silvestre de la rabia en el ganado y ocasionalmente al humano; y el terrestre, en donde el perro es el principal transmisor hacia el humano (Loza-Rubio *et al.*, 1999). En Estados Unidos se reporta que los casos de rabia canina a nivel nacional se incremen-

taron un 19% en el lapso de 2002 a 2003 (Krebs *et al.*, 2004). En México, los casos de rabia humana transmitida por perro habían disminuido de manera constante hasta 2005, sin embargo, se incrementó en el número de casos de rabia canina de 36 notificados en 2004 a 103 en 2005, teniendo como resultado de este incremento 2 casos de rabia humana en 2006 (OPS, 2008). Es necesario recordar que la importancia de la rabia no radica en el número reducido de casos, si no en la letalidad del 100% que tiene (Acha y Cifres, 2003).

El estimar los costos en el control la rabia animal es difícil y poco confiable, esto se debe a que en el control de esta enfermedad fatal intervienen diferentes instancias de gobierno y privadas. Los programas preventivos postexposición, al igual que los de la atención médica para las personas agredidas son un gasto importante que hay que tener en cuenta, así como las medidas de prevención que inician con la educación de los habitantes, la vacunación de los perros y su esterilización (Meltzer y Rupprecht, 1998).

Para reducir la incidencia de esta zoonosis, teóricamente se debe de vacunar entre el 60 y el 70% de los perros para que la diseminación de la rabia se detenga entre estos animales. Aun así, la presencia de un alto porcentaje de perros callejeros cuya vacunación no es posible, incrementa el riesgo de

Tabla 1. Agresiones por perro en diferentes países.

País	Incidencia anual Casos/habitantes	Edad en años más frecuente de agresión	Localización de la agresión	Referencia
Australia	ND	0-4	cara	Sacks y Kresnow 1996. Ozanne-Smith et al. 2001.
Bélgica	22/1000	<15	ND	De Keuster et al. 2005.
España	ND	<13	cabeza, cara	Mendez et al. 2002.
Estados Unidos	18/1000	<14	ND	Guy et al. 2001. Patronek y Rowan 1995.
México	1.15/1000	<19	ND	Abascal 1997.

ND: Dato no disponible

transmisión (Coleman y Dye, 1996).

Los perros también son el principal reservorio de la enfermedad zoonótica visceral denominada leishmaniasis (*Leishmania donovani*), un importante problema de salud pública en América tropical (Moreira, *et al.*, 2004). El *Toxocara canis*, un ascario presente en el intestino delgado de los perros es el principal causante en el humano del síndrome denominado Larva Migrans Visceral y toxocarosis ocular (Castillo *et al.*, 2001; Rubel and Wisnivesky, 2005). En la ciudad de México se ha detectado contaminación por huevecillos de *Toxocara canis* en el 14.6% de los suelos estudiados en las delegaciones políticas Iztapalapa, Coyoacán, Tlalpan, Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta (Rubel y Wisnivesky, 2005; Martínez-Barbabosa *et al.*, 1998).

El perro es considerado la segunda fuente de infección hacia el humano de la leptospirosis principalmente por *Leptospira interrogans* serotipos *canicola* e *icterohemorrágica* (Brod *et al.*, 2005; Aslanta *et al.*, 2005). Además de éstas se menciona que puede participar en la transmisión de hidatidosis (*Echinococcus granulosus*, *E. multilocularis*, *E. oligarthus*, *E. Vogeli*), sarna zoonótica (*Sarcoptes scabiei* var *canis*), brucelosis (*Brucella canis*), dermatofitosis (*Microsporum canis*), entre otras más (Acha y Cifres, 2003).

MEDIDAS DE CONTROL DE LA POBLACIÓN CANINA

La elaboración de estrategias de control de los perros no domiciliados y ferales requiere del conocimiento de su distribución, sus patrones de comportamiento y de metodologías combinadas para lograr el control con éxito. La población de perros en Norteamérica y Europa está calculada aproximadamente entre el 9 y 14% de la población humana en la zona; en Asia, África y Latinoamérica es del 12.5% (Meltzer y Rupprecht, 1998).

El control de poblaciones caninas va encaminado a reducir su número y con ello la posibilidad de agresión al humano, así como minimizar la posibi-

lidad de contagio de enfermedades zoonóticas, y la afectación de la economía por tratamientos preventivos contra la rabia y por el ataque y muerte de ganado por parte de los perros ferales. A pesar de que el 63% de los cachorros nacidos en un área mueren por diferentes causas como accidentes viales y enfermedades infecciosas, el problema de la sobrepoblación canina es grave (Pal, 2005). Existen diferentes tipos de control canino, que van desde las técnicas letales, la esterilización quirúrgica, la hormonal, la inmunológica y la química.

La Norma Oficial Mexicana indica diversos métodos para ser utilizados en el control letal de poblaciones de perros, como la electro-insensibilización y la sobredosis de barbitúricos por vía endovenosa en perros mayores de 4 meses; en cachorros menores de esta edad, se utiliza la sobredosis de barbitúricos por vía intracardiaca, previa tranquilización profunda (NOM-033-ZOO-1995). En el último caso, su uso en muchas sociedades es muy controversial y no es aceptado por motivos humanitarios, culturales, éticos y religiosos (Meltzer y Rupprecht, 1998).

De acuerdo con el Comité de Expertos en Rabia de la Organización Mundial de la Salud (OMS), no se encontró evidencia que la eliminación de perros de una zona determinada, afecte la densidad poblacional del área, y tampoco tuviese un impacto importante en la propagación de la rabia (Meltzer y Rupprecht, 1998; Aslanta *et al.*, 2005).

De la misma manera, los programas de control de la leishmaniasis en Brasil que incluyen la eliminación masiva de perros seropositivos no han sido suficientes para reducir el número de casos en humanos. La eliminación de los animales ha sido ineficaz debido a que los perros eliminados son rápidamente reemplazados por cachorros susceptibles que nacen y por perros infectados que ocupan el nicho que quedó vacío por la eliminación de los perros (Moreira *et al.*, 2004; Leney, 2002; Courtenay, 2002). En comparación, el tratamiento no letal empleando piretrinas tóxicas para controlar al vector ha dado mejores resultados en el control de la leishmaniasis (Reithinger *et al.*, 2001).

Debido a la problemática que representan los perros ferales, se han utilizado diferentes métodos para su control, como los implementos acústicos y visuales siendo los más representativos las luces y sirenas con actividad intermitente por las noches que son útiles con los coyotes y también se han empleado con éxito en el control zonal de estos perros. Los burros (*Equus asinus*) y llamas (*Llama glama*) son útiles para cuidar al ganado del ataque de perros ferales. El uso de sustancias químicas como el methyl nonyl cetona, repelente para que los perros domésticos no se orinen ni defequen en sitios específicos, se ha utilizado para repeler a estos perros. También se utilizan tóxicos como cianuro de sodio y monofluoroacetato de sodio en collares para uso en ganado, los cuales se rompen, intoxican y matan al animal agresor cuando ataque al animal doméstico. Al igual que en el caso de las sirenas, estos collares han sido empleados en el control de coyotes (Green y Gipson, 1994). Sin embargo, la alta toxicidad para especies no blanco impide que sea una solución ecológicamente aceptable para el control de fauna nociva (Glen y Dickman, 2003) y su uso está prohibido o reglamentado en muchos lugares.

El empleo de trampas es de utilidad para capturar cachorros y ocasionalmente adultos. Uno de los métodos más efectivos utilizados en Alaska es el de colocar un radiotransmisor en un par de animales capturados por haber atacado a la fauna doméstica; se les libera para así poder localizar a la manada y posteriormente, controlar la población (Green y Gipson, 1994).

La eliminación del 76% de los perros ferales en la zona rural de Australia ha fallado ya que el número de estos perros retornó a las cantidades previas al programa de eliminación en el primer año (Reece, 2005).

EL CONTROL REPRODUCTIVO EN PERROS

Preservar la salud humana evitando el contagio con enfermedades zoonóticas y las agresiones como las

mordidas que los perros infieren hacia los humanos, son una prioridad sanitaria. El control de la sobrepoblación de perros sin duda es un reto en cada área donde este problema es identificado, siendo la solución de éste diferente en cada locación debido principalmente al medio ambiente, idiosincrasia de la población y recursos para llevarla a cabo, varios métodos de control poblacional de tipo reproductivo son investigados y son puestos en marcha en diversas partes del mundo (Miller *et al.*, 2003; Wang, 2002). La esterilización temprana mediante cirugía en perros y gatos se realiza en cachorros antes de la pubertad, la cual se presenta de manera variable en las perras entre los 6 y 24 meses de edad y en los perros entre los 6 y 12 meses. En las hembras se realiza entre los 3 y 6 meses y en los machos antes de los 4 meses de vida. Se deben tener consideraciones especiales en el manejo de los tejidos más delicados que en los tejidos de los perros adultos (Howe, 2006; Preston y Bloomberg, 1995), de manera adicional hay que tener cuidado con los cachorros, ya que son más sensibles a la hipotermia generada durante la anestesia general, misma que debe de estar acorde a la edad de los animales. Este es un procedimiento definitivo que requiere de instalaciones, equipo y personal capacitado para realizarlo. De la misma manera, la esterilización de los adultos requiere técnicas quirúrgicas y asépticas apropiadas para garantizar buenos resultados y permanentes (Preston y Bloomberg, 1995).

Las técnicas quirúrgicas disponibles para la esterilización masiva de perros, requieren del manejo de los animales y cuidados especiales trans y postoperatorios; estas técnicas se resumen en la tabla 2.

Dentro de las técnicas no quirúrgicas se ha reportado que la administración exógena de hormonas esteroidales suprime de manera indirecta la fertilidad, mediante la inhibición de la secreción de gonadotropinas (Kutzler, 2006). El acetato de megestrol, derivado sintético inodoro y cristalino de la progesterona, es rápidamente metabolizado cuando se administra por vía oral, tiene una vida media de 8 días en el perro. En las hembras se ha utilizado

Tabla 2. Principales técnicas quirúrgicas empleadas en la esterilización masiva de perros y sus complicaciones (modificada de Howe 2006).

Hembras	Complicaciones	Machos	Complicaciones
Ovario histerectomía por línea media	Hemorragia, síndrome de ovario remanente, piómetra del muñón, fístula, infección.	Orquiectomía	Hemorragia, hematoma y/o inflamación del escroto, infección.
Ovario histerectomía por el flanco	Hemorragia, síndrome de ovario remanente, piómetra del muñón, infección.	Vasectomía	Persiste el comportamiento sexual, debido a la presencia de hormonas.

como supresor del estro en dosis de 2.2mg/kg de peso durante 8 días. Los efectos secundarios de su administración prolongada son el incremento de apetito y de peso, letárgica, neoplasias en las glándulas mamarias (Burke y Reynolds, 1975). En machos, 2 mg/kg de peso durante 7 días no produce cambios en la calidad del semen. Cuando se administran 4 mg/kg sólo inducen cambios secundarios en la morfología del semen (Kutzler, 2006).

La medroxiprogesterona (MPA) es un derivado de la progesterona inyectable de larga acción, se utiliza como supresor del celo en las hembras. Su uso se encuentra limitado debido a los efectos secundarios que produce como supresión adrenocortical y lesiones uterinas (Kutzler, 2006). En machos, la MPA a dosis de 20mg/kg reduce la motilidad y altera la morfología espermática en 3 días postinyección (England, 1997).

Los andrógenos han sido utilizados para evitar la gestación en las perras. La administración intramuscular de 110 mg de propionato de testosterona ha demostrado su efectividad en la prevención del estro en las perras. De igual manera, la administración oral de 25-50 mg de metil testosterona dos veces a la semana inhibe el estro en las perras (Johnston *et al.*, 2001).

Al administrar por vía oral una dosis promedio de 70µg/kg al día de mibolerone, un andrógeno sintético comercializado para la supresión del estro a perras 30 días antes del inicio del proestro puede alcanzar efectos hasta por 2 años si la administración es continua. Al suprimirse el tratamiento, el

estro retorna en un tiempo de 70 días como promedio (Kutzler, 2006).

En los machos la administración subcutánea de 5mg/kg de testosterona produce una disminución de la motilidad espermática 3 semanas después del tratamiento, la cual persiste durante 3 meses. La administración continua de 50mg de metiltestosterona por vía oral durante 90 días reduce la producción diaria de espermatozoides (Freshman *et al.*, 1990), de la misma manera la administración crónica de danazol, un derivado sintético del 17α-etinil testosterona, induce azoospermia reversible 60 días después del tratamiento (Kutzler, 2006).

Como es conocido, la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) regula la liberación por parte de la hipófisis de hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH). En los machos la LH regula la síntesis de testosterona necesaria para la espermatogénesis y para el desarrollo de la conducta sexual y caracteres sexuales secundarios, mientras que la FSH es necesaria para la iniciación y mantenimiento de la espermatogénesis. En hembras tanto la FSH, como la LH son necesarias para el desarrollo folicular y la ovulación (Kutzler, 2006).

De manera similar al efecto de la GnRH nativa, los agonistas sintéticos como la etilamina (Dubé *et al.*, 1987), nafarelin, leuprolide, deslorelin, busarelin y goserelin, estimulan la producción y liberación de gonadotropinas. Sin embargo, estos productos a dosis sostenidas inhiben el eje hipófisis-gonada después de un periodo inicial de estimulación; la

inhibición se produce por la regulación a la baja de los receptores para GnRH en la hipófisis anterior (Gobello, 2006).

La aplicación por vía subcutánea de un implante de liberación lenta de deslorelin suprime el estro hasta por 27 semanas en perras. En machos la aplicación de un implante de liberación prolongada de 6mg de deslorelin reduce las concentraciones de LH y testosterona en plasma durante las 4 primeras semanas del tratamiento, causando infertilidad dentro de las 6 semanas postimplante, los perros regresan a la normalidad 60 semanas después de la aplicación (Kutzler, 2006: 44).

Los antagonistas bloquean de manera competitiva los receptores para GnRH en la hipófisis anterior. La principal ventaja del uso de este tipo de productos sobre los agonistas, es el bloqueo inmediato del eje gonadal sin la presencia del efecto estimulante inicial que se presenta con el empleo de agonistas (Valiente *et al.*, 2007).

En hembras el empleo de 110 μ g/kg de acyline por vía subcutánea en los primeros tres días del proestro, induce un estro corto y anovulatorio, retornando la hembra a proestro en un periodo de tres semanas postadministración (Kutzler, 2006). En machos la administración subcutánea de 300 μ g/kg de acyline induce una disminución de la calidad del semen, con espermatozoides con gotas citoplásmicas proximales y distales o con colas dobladas, sin haberse observado efectos secundarios sistémicos en los perros (Valiente *et al.*, 2007).

El desarrollo de vacunas contra la GnRH ha presentado diversos problemas, derivados de la baja inmunogenicidad, pues es una pequeña hormona deca péptida, altamente conservada entre las diferentes especies de mamíferos. Sin embargo, cuando se acopla con sustancias capaces de generar respuesta inmune mediada por IgG como los derivados de la proteína F del virus del moquillo canino, se induce la formación de anticuerpos capaces de producir pérdida de la función testicular en perros (Jung *et al.*, 2005). De manera similar, cuando se conjuga la GnRH con el toxoide tetánico

se observan resultados similares (Kutzler, 2006). En ambos casos, los efectos se reducen con la disminución de los anticuerpos circulantes.

Cuando se conjuga la GnRH con una proteína antiviral citotóxica (Pokeweed protein) que actúa sobre los receptores de la GnRH en los gonadotropos, produce en el perro una disminución de la LH y testosterona séricas; de manera adicional, el volumen testicular también disminuye y su efecto persiste por 12 semanas posteriores a la segunda aplicación (Sabeur *et al.*, 2003).

La Zona Pellúcida (ZP) es una capa acelular de origen proteico que cubre a los óvulos de los mamíferos. Esta cubierta es importante para el proceso de fertilización, cuando el espermatozoide se une a la proteína ZP3, lleva a cabo la reacción acrosomal con la consiguiente liberación de enzimas que digieren a la ZP para que el espermatozoide penetre al óvulo. Los anticuerpos contra ZP bloquean los receptores ZP3, un blanco ideal para la inmuncontracepción (Dunbar *et al.*, 2002). La destrucción del complejo ovocito-granulosa y la infiltración linfocitaria del ovario son las alteraciones morfológicas más observadas (Serrano y García-Suárez, 2001).

Sin embargo, las proteínas de ZP de la misma especie no inducen la respuesta inmune, por lo que se deben de utilizar ZP3 de otra especie para que los anticuerpos producidos puedan ser eficaces en los perros (Fayrer-Hosken *et al.*, 2000; Serrano y García-Suárez, 2001).

La vacunación contra ZP3 en perras produce infertilidad en aproximadamente 75% de las hembras vacunadas, induciendo quistes foliculares en el 64% de los animales inmunizados (Kutzler, 2006). Se requiere más de una aplicación del inmunógeno para observar los efectos, los cuales son temporales al disminuir los anticuerpos circulantes (Serrano y García-Suárez, 2001).

El uso de sustancias de aplicación local para producir esterilidad se emplea en los perros machos, los cuales son inyectados en el testículo, epidídimo o en los conductos deferentes, dependiendo

de la sustancia (Kutzler, 2006). El metilcianoacrilato aplicado en la cola del epidídimo induce necrosis de la cola del epidídimo y azospermia 30 días posteriores a la aplicación (Esparza, 1987). Otro agente utilizado de manera reciente en campañas masivas de esterilización de perros machos es el gluconato de zinc y arginina el cual se aplica intratesticular induciendo atrofia testicular y azospermia 90 días posteriores a su administración (Fahim *et al.*, 1993). La inyección intratesticular de 10 a 20 mg de cloruro de calcio provoca necrosis total de las gónadas en 45 días postratamiento (Kuladip y Prabhat, 2007).

De manera general, el uso de sedación conjuntamente con el procedimiento de inyección es recomendado para la correcta aplicación de la sustancia y minimizar las molestias por el procedimiento, independientemente de la adición en la fórmula de agentes anestésicos locales (Fahim *et al.*, 1993; Kuladip y Prabhat, 2007). Estas técnicas no están libres de efectos secundarios como lo son la ulceración escrotal y dermatitis, automutilación, vómito, letargia y anorexia, entre otras (Kutzler, 2006).

El empleo de plantas como la *Embelia ribes*, utilizada en Asia para prevenir la gestación, es un campo que también ha sido explorado. Cuando se administra 80 mg/kg del extracto de esta planta en perros machos por vía oral en días alternos durante 100 días, produce una disminución del peso testicular y un grado variable de disfunción en la gónada, principalmente una disminución de los espermatozoides en etapa posmeiótica. Este efecto se revierte 8 meses posteriores al término de la ingestión de la planta (Kutzler, 2006).

El empleo de fitoestrógenos administrados por vía oral ha sido descrito como un método de inducir alteraciones de tipo reproductivo en el vampiro común (*Desmodus rotundus*), a los cuales se les administró coumestrol 200µg en 15 ml de sangre de bovino desfibrinada durante 30 días, induciendo pérdida del epitelio germinativo del testículo y disminución de las células de Leydig (Serrano *et al.*,

2007). En el perro, la administración oral de 40 µg de coumestrol semanalmente por 4 semanas induce alteraciones en el número y concentración espermática (Serrano *et al.*, 2007), en la arquitectura del testículo (Pérez-Rivero *et al.*, 2009a) y en la conducta olfatoria de los animales tratados (Pérez-Rivero *et al.*, 2009b). Este efecto se asocia a la unión del fitoestrógeno con los receptores estrogénicos β (Serrano *et al.*, 2007).

Es necesario investigar la efectividad del uso de fitoestrógenos, los cuales son sustancias de origen natural que se administra por vía oral y pueden ser de utilidad para el control reproductivo de perros que por sus características no es posible su esterilización química o quirúrgica como lo son los no domiciliados y ferales.

REFERENCIAS

- Abascal, T.G. "Ecología de las mordeduras por perros". En: *Rev. AMMVEPE*. 1997; 8:236-238.
- Acha, P.N., B. Szyfres. *Rabia en Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales*. Volumen II, tercera edición. Washington, Organización Panamericana de la Salud. 2003: 351-383.
- Aslantaş, O., V. Özdemir, S. Kiliç, C. Babür. "Seroepidemiology of leptospirosis, toxoplasmosis, and leishmaniosis among dogs in Ankara, Turkey". En: *Veterinary Parasitology*. 2005; 129: 187-191.
- Blank, I.J. *El Maravilloso Mundo de los Perros*. México, Librería de Manuel Porrúa S.A., 1974.
- Brod, C.S., J.A.G. Aleixo, S.D. Dorneles Jougard, C.P.H. Fernandes, J.L. Rodriguez Texeira, O.A. Dellagostin. "Evidence of dog as a reservoir for human leptospirosis: a serovar isolation, molecular characterization and its use in a serological survey". En: *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 2005;38: 294-300.
- Burke, T.J., H.A. Reynolds. "Megestrol acetate for estrus postponement in the bitch". En: *Journal of the American Veterinary Medical Association*.

- tion. 1975; 167: 285-287.
- Butler, J.R.A., J.T. du Toit, J. Bingham. "Free-ranging domestic dogs (*Canis familiaris*) as predators and prey in rural Zimbabwe: threats of competition and disease to large wild carnivores". En: *Biological Conservation*. 2000;115: 369-378.
- Canadian Hospital Injury Reporting and Prevention Program (CHIRPP). 1996. "Injuries associated with dog bites and dog attacks". Health Canada. Ottawa, Ont., Canada.
- Castillo, Y., H. Bazán, D. Alvarado, G. Sáez. "Estudio epidemiológico de *Toxocara canis* en parques recreacionales del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima- Perú". En: *Parasitología al día*. 2001; 25: 109-114.
- Coleman, P.G., C. Dye. "Immunization coverage required to prevent outbreaks of dog rabies". En: *Vaccine*. 1996; 14: 185-186.
- Courtenay, O., R.J. Quinell, L.M. Garcez, J.J. Shaw, C. Dye. "Infectiousness in a cohort of Brazilian dogs: why culling fails to control visceral leishmaniasis in areas of high transmission". En: *Journal of Infectious Diseases*. 2002; 186: 1314-1320.
- De Keuster, T., J. Lamoureux, A. Kahn. "Epidemiology of dog bites: A Belgian experience of canine behaviour and public health concerns". En: *The Veterinary Journal*. 2006; 172: 482-487.
- Dubé, D., A. Assaf, G. Pelletier, F. Labrie. "Morphological study of the effects of GnRH agonist on the canine testis after 4 months of treatment and recovery". En: *Acta Endocrinológica*. 1987; 116: 413-417.
- Dunbar, B.S., G. Kaul, M. Prasad, S.M. Skinner. "Molecular approaches for the evaluation of immune responses to zona pellucida (ZP) and development of second-generation ZP vaccines". En: *Reproduction*. 2002; 60: 9-18.
- England, G.C. "Effect of progestagens and androgens upon spermatogenesis and steroidogenesis in dogs". En: *Journal of Reproduction and Fertility*. 1997; 51(Supplement): 123-138.
- Esparza, G.M. "Esterilización en el Perro por Aplicación de Methyl Cyanoacrilato en la Cola del Epidídimo". Tesis de Licenciatura (Médico Veterinario). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 1987. 32 páginas
- Fahim, M.S., M. Wang, M.F. Stucu, Z. Fahim, R.S. Youngquist. "Sterilization of dogs with intra-epididymal injection of zinc arginine". En: *Contraception*. 1993; 47: 107-122.
- Fayrer-Hosken, R.A., H.D. Dookwah, C.I. Brandon. "Immunocontrol in dogs". En: *Animal Reproduction Science*. 2000; 60-61: 365-373.
- Freshman, J.L., P.N. Olson, R.P. Amann. "The effects of methyltestosterone on reproductive function in male grey hounds". En: *Theriogenology*. 1990; 33: 1057-1073.
- Glen, A.S., C.R. Dickman. "Effects of bait-station design on the uptake of baits by non-target animals during control programs for foxes and wild dogs". En: *Wildlife Research*. 2003; 30: 147-149.
- Gobello, C. "Dopamine agonists, anti-progestins, antiandrogens, long term-release GnRH agonists and anti-estrogens in canine reproduction: A review". En: *Theriogenology*. 2006; 66: 1560-1567.
- Green, J.S., P.S. Gipson. "Feral Dogs". En: *Prevention and Control of Wildlife Damage*. 1994: C77-C82.
- Guy, N.C., U.A. Luescher, S.E. Dohoo, E. Spangler, J.B. Miller, I.R. Dohoo, L.A. Bate. "Demographic and aggressive characteristics of dogs in a general veterinary caseload". En: *Applied Animal Behaviour Science*. 2001; 74: 15-28.
- Howe, L.M. "Surgical methods of contraception and sterilization". En: *Theriogenology*. 2006; 66: 500-509.
- Johnston, S.D., M.V. Root Kustriz, P.N.S. Olson. *Canine and Feline Theriogenology*. Philadelphia, WB Saunders Co., 2001.
- Jung, M.J., Y.C. Moon, I.H. Cho, J.Y. Yeh, S.E. Kim, W.S. Chang. "Induction of castration by

- immunization of male dogs with recombinant gonadotropin-releasing hormone (GnRH)- canine distemper virus (CDV) T helper cell epitope p35". En: *Journal of Veterinary Science*. 2005; 6: 21-24.
- Krebs, J.W., E.J. Mandel, D.L. Swerdlow, C.E. Rupprecht. "Rabies surveillance in the United States during 2003". En: *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2004; 225: 1837-1849.
- Kuladip, J., K.S. Prabhat. "Sterilization of male stray dogs with a single intratesticular injection of calcium chloride: a dose-dependent study". En: *Contraception*. 2007; 75: 390-400.
- Kutzler, M., A. Wood. "Non-surgical methods of contraception and sterilization". En: *Theriogenology*. 2006; 66: 514-525.
- Landsberg, G.M. "The distribution of canine behavior cases at three behavior referral practices". En: *Vet. Med.* 1991; 86: 1011-1018.
- Leney, J. "Impact of Companion Animals on Islands, Issues and Problems in their Management: Dogs". En: *Proceedings of the Conference Challenges of Animal Protection on Island Nations with Special Emphasis on Dogs and Cats*. Miami Beach, Florida, abril 2. 2002 :7-9.
- Loza-Rubio, E., J.A. Aguilar-Setién, C. Bahlou, E. Brochier, P.P. Pastoret, N. Tordo. "Discrimination between epidemiological cycles of rabies in México". En: *Archives of Medical Research*. 1999; 30: 144-149.
- Manteca, V.X. *Etología clínica veterinaria del perro y del gato*. Barcelona, Ed. Multiméica 2003: 57-66.
- Martínez-Barbabosa, P.A. Fernández, T.O. Vázquez, H.A. Ruiz. "Frecuencia de *Toxacara canis* en perros y áreas verdes del sur de la Ciudad de México, Distrito Federal". En: *Veterinaria México*. 1998; 29: 239-244.
- Meltzer, M.I., C.E. Rupprecht. "A Review of the Economics of the Prevention and Control of Rabies. Part 2: Rabies in Dogs, Livestock and Wildlife". En: *Pharmacoeconomics*. 1998; 14: 481-498.
- Méndez, G.R., T.M. Gómez, A.I. Somoza, M.J. Liras, P.E. Pais, N.D. Vela. "Mordeduras de Perro. Análisis de 654 casos en 10 años". En: *Anuario Español de Pediatría*. 2002; 56: 425-429.
- Miller, L., J. Rhyan, G. Killian. "Evaluation of GnRH Contraceptive Vaccine use Domestic Swine as a Model for Feral Hogs". En: *Proceedings of 10th Wildlife Damage Management Conference*. 2003: 120-127.
- Moreira, E.D., V.M. Mendez de Souza, M. Sreenivasan, E.G. Nacimiento, L.P. de Carvalho. "Assessment of an optimized dog-culling program in the dynamics of canine *Leishmania* transmission". En: *Vet Parasitol*. 2004; 122: 245-252.
- Norma Oficial Mexicana: NOM-033-ZOO-1995. OPS. Sistema de Información Epidemiológica (SIEPI). Disponible En el URL http://siepi.panaftosa.org.br/wbf_Painel.aspx. Visitado el 13 de octubre, 2008.
- Ozanne-Smith, J., K. Ashby, V.Z. Stathakis. "Dog bite and injury prevention-analysis, critical review, and research agenda". En: *Injury Prevention*. 2001; 7: 321-326.
- Pal, S.K. "Parental care in free ranging dogs, *Canis familiaris*". En: *Applied Animal Behaviour Science*. 2005; 90: 31-47.
- Patronek, G.J., A.N. Rowan. "Determining dog and cat number and population dynamics". En: *Anthrozoos*. 1995; 8: 199-205.
- Pérez-Rivero, J.J., J.J. Martínez-Maya, M. Pérez-Martínez, A. Aguilar-Setién, M.D. García-Suárez, H. Serrano. "Phytoestrogen treatment induces testis alterations in dogs. Potencial use in population control". En: *Veterinary Research Communications*, 2009a; 33: 87-95.
- Pérez-Rivero, J.J., J.J. Martínez-Maya, M. Pérez-Martínez, A. Aguilar-Setién, H. Serrano. "Efecto del coumestrol sobre la producción espermática y la conducta olfatoria de perros estimulados con moco cervical estral". En: *Ve-*

- terinaria México*, 2009b; 40: 9-16.
- Preston, W.S., M.S. Bloomberg. "Implications of Early Neutering in the Dog and Cat". En: *Seminars in Veterinary Medicine and Surgery (Small Animal)*. 1995; 10: 8-12.
- Reece, J.F. "Dogs and dog control in developing countries". En: *The State of the Animals III*. 2005: 55-64.
- Reithinger, R., T. Ueslei, C.R. Davies. "Topical Insecticide Treatments to Protect Dogs from Sand Fly Vectors of Leishmaniasis". En: *Emergent Infectious Diseases*. 2001; 7: 1-5.
- Rubel, D., C. Wisnivesky. "Magnitude and distribution of canine fecal contamination and helminth eggs in two areas off different urban structure, Greater Buenos Aires, Argentina". En: *Veterinary Parasitology*. 2005; 133: 339-347.
- Sacks, J.J., M. Kresnow. y B. Houston. "Dog bites: how big a problem?". En: *Injury Prevention*. 1996; 2: 52-54.
- Sabeur, K., B.A. Ball, T.M. Nett, H.H. Ball, I.K.M. Liu. "Effect of GnRH conjugated to pokeweed antiviral protein on reproductive function in adult male dogs". En: *Reproduction*. 2003; 125: 801-806.
- Scarlett, J.M., M.D. Salman, J.G. New, P.H. Kass. "Reasons for Relinquishment of companion animals in U.S. Animal Shelters: Selected Health and Personal Issues". En: *Journal of Applied Animal Welfare Science*. 1999; 2: 41-57.
- Serrano, H., M.D. García-Suárez. "Alteraciones en ovarios de perras por inmunización activa con proteínas de ovocito de cerdo". En: *Vet.Mex.* 2001; 32: 221-224.
- Serrano, H., J.J. Pérez-Rivero, A. Aguilar-Setien, O de Paz, A. Villa-Godoy. "Vampire bat reproductive control by naturally occurring phyto-oestrogen". En: *Reproduction Fertility and Development*. 2007; 19: 470-472.
- Slater, M.R. "The Role of Veterinary Epidemiology in the Study of Free-Roaming Dogs and Cats". En: *Preventive Veterinary Medicine*. 2001; 48: 273-286.
- Valiente, C., Y. Corrada, P.E. de la Sota P. Galassi Geres, C. Gobello. "Effect of the Antagonist, acyline, on canine testicular characteristics". En: *Theriogenology*. 2007; 68: 687-692.
- Wang, M. "Neutersol: Intratesticular injection induces sterility in dogs". En: *Proceedings on Non-surgical Methods for Pet Population Control*. Callaway Gardens, Georgia. 2002: 62-65.

■ ARTÍCULO DE REVISIÓN

Eficiencia alimenticia, rendimiento y componentes de la canal de corderos panza negra, rambouillet y sus mestizos

Ezequiel Rubio Tabarez,¹ Andrés Quezada Casasola,¹ *Damián Maldonado González,¹
*Ana Cecilia Dzul Jaime,¹ Esaúl Jaramillo López¹ y Eduardo Pérez Eguía¹

RESUMEN

Para evaluar el efecto de la raza sobre el consumo voluntario, ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA), se utilizaron 24 corderos de una edad promedio 150 ± 15 días (12 machos y 12 hembras) y procedentes de dos razas, panza negra (**Pn**; **n=8**), rambouillet (**R**; **n=8**), y su cruce (**M**; **n=8**). Los animales fueron asignados por pares raza y sexo a 12 corraletas para su estudio. El alimento utilizado contenía aproximadamente 14% de proteína cruda y 2.6 megacalorías por kg de materia seca y fue ofertado diariamente a libre acceso para la evaluación de su consumo a razón del 10% más del consumo del día previo, durante 35 días. La GDP de los corderos fue mayor para **R** (.201 kg) que para **M** (.158 Kg) y **Pn** (.095 Kg) $P < 0.05$. De acuerdo a fenotipo y sexo la GDP y CA los machos tuvieron mayor eficiencia alimenticia que las hembras $P < 0.05$. Todos los animales mostraron un comportamiento lineal en el consumo de alimento por raza, sexo y periodo. Para determinar las medidas, rendimientos y componentes de la canal, se sacrificaron seis corderos correspondientes a los pesos medios (macho y hembra) dos de cada raza. El rendimiento de la canal de los corderos **Pn** fue mayor a los **R** y **M** ($P < 0.05$) pero éstos no fueron diferentes entre sí ($P > 0.05$). Una relación es manifiesta entre el peso de la canal y los componentes de la misma, mostrando los corderos **M** mayor rendimiento en el lomo 7.30% al ser comparados con **Pn**=6.55% ($P < 0.05$) pero similar a **R**=7.34% ($P > 0.05$). Con estos resultados se puede concluir que el cruzamiento de ovejas **Pn** con machos de raza **R** mejora la eficiencia alimenticia de los corderos **M** y las características de la canal al ser comparados con corderos **Pn**.

Palabras clave: Corderos, consumo voluntario, ganancia de peso, rendimiento de la canal.

¹Departamento de Ciencias Veterinarias, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. ezequiel_rubio@hotmail.com.

*Datos preliminares de la tesis de licenciatura de Médico Veterinario Zootecnista de Damián Maldonado González y Ana Cecilia Dzul Jaime.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la producción nacional de borrego no satisface la demanda de carne que se consume en México, y es por eso que se buscan formas innovadoras de cubrir la demanda bajo sistemas más eficientes para competir con la importación que se tiene de otros países y producir corderos de buena calidad y a bajo costo. Estas características del mercado se han convertido en una oportunidad atractiva para intensificar los sistemas de producción, desde la cría hasta la finalización y han atraído la inversión a nuevas formas de producción de borregos (de Lucas y Arbiza, 2000).

En México es necesario incorporar nuevas zonas a la producción ovina, como el norte del país. En Chihuahua en los últimos años la cría de ovinos ha mostrado un incremento importante de 41,855 cabezas en el año 2000 (INEGI, 2005) a 120,588 cabezas en 2004 (SAGARPA, 2005), y esto es debido principalmente a que el precio en pie del ovino tiende a la alza, redituando un adecuado margen de utilidad para los ganaderos.

El Tratado de Libre Comercio abre un mercado potencial de alrededor de 300 millones de personas con sectores importantes de consumidores de carne ovina como son las poblaciones judía, árabe, griega y mexicana, entre otras. Por esto, se requiere mejorar la productividad y la eficiencia de los sistemas de producción existentes, así como la calidad de las canales si se quiere entrar a estos mercados (López, 2000; de Lucas, 2004).

Los rebaños de ovinos de pelo, como lo es la raza panza negra, presentan un considerable crecimiento en las regiones áridas y semiáridas del norte del país. Esto es debido a su capacidad de adaptación, rusticidad y elevada eficiencia reproductiva, al no mostrar comportamiento reproductivo estacional y contribuyen de esta forma, a una elevada proliferación. Otro factor que ha originado esta expansión son los buenos precios de la carne de borrego en pie y en canal en el mercado nacional, por lo que las ovejas panza negra podrían ser utilizadas como raza materna a través de cruzamientos con razas de

doble propósito (carne-lana) para la producción de corderos para engorda (Bores, 2002).

En producción intensiva, los corderos panza negra han mostrado una productividad y características de la canal inferiores a las observadas en las razas especializadas para producción de carne, por lo que el cruzamiento de ovejas de esta raza con machos doble propósito, como la Rambouillet, podrían mejorar la eficiencia alimenticia y las características de la canal, con corderos con mayor potencial de crecimiento y una reducción en el tiempo para alcanzar el peso de mercado y los costos de producción (Zambrano, 1997; López, 2000; González, 2002).

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia alimenticia, los rendimientos y componentes de la canal de corderos panza negra, rambouillet y aquellos procedentes del cruzamiento de ovejas panza negra con reproductores rambouillet al ser sometidos a una dieta de finalización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones de pequeños rumiantes del departamento de Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. A una altitud de 1135 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm, temperatura media anual de 16.5 °C y una oscilación térmica de 14.5 °C (Álvarez, 1980).

Los corderos fueron pesados y después de realizar el tratamiento médico preventivo, asignados por pares raza y sexo a 12 corraletas de 1.8m.² Después de un periodo de adaptación de 15 días, los corderos fueron pesados cada siete días para determinar la GDP para cada raza, sexo y periodo (cinco periodos de siete días cada uno).

La alimentación de los corderos durante el proceso de finalización consistió en una dieta integral compuesta por 65% de heno de alfalfa molida en un molino de martillos con criba de 6 cm de diámetro y 35% de maíz quebrado. El alimento contenía aproximadamente 14% de proteína cruda y 2.6 megacalorías por kg de materia seca. Para la evaluación de su

consumo el alimento fue ofertado todos los días a las 8:00 h a razón del 10% más del consumo del día previo. Además los animales dispusieron de agua y sal mineral a libre acceso.

Una vez concluido el tiempo de estancia en el corral de engorda, los corderos fueron sometidos a un ayuno de 24 horas y sacrificados los animales correspondientes a los pesos medios por raza y sexo, para la determinación de las medidas, rendimientos y componentes de la canal.

El diseño experimental fue completamente al azar, considerando los efectos de genotipo y sexo. Se determinó la eficiencia alimenticia, medidas de la canal, rendimiento comercial, rendimiento verdadero y el peso de la canal caliente y fría. Para los componentes de la canal se empleó el método descrito por Fisher y de Boer (1994). Las comparaciones de las medias se realizaron a través de la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los animales producto del cruzamiento de ovejas Pn con carneros de la raza R mejoró la eficiencia alimenticia en los corderos M, mostrando parámetros intermedios a los corderos Pn y R para la GDP. Y resultando superiores a los corderos Pn $P < 0.05$ pero similares a los corderos R en el parámetro de eficiencia alimenticia $P > 0.05$ (Cuadro 1). Resultados similares reportan Santos *et al.* (2001) al evaluar el comportamiento de corderos procedentes de cruzamientos terminales, los mestizos de Poll Dorset x Santa Inés presentaron mejor GDP que los corderos Santa Inés puros (.196 kg contra .175 kg). El consumo de alimento de los corderos R fue superior a Pn y M probablemente debido al mayor peso de entrada a los corrales de engorda, 37.156, 27.375 y 25.375 kg respectivamente $P > 0.05$, (figura 1). Observándose en todos los corderos un comportamiento lineal en el consumo de alimento por raza, periodo y sexo.

En cuanto a la GDP, los tres fenotipos presentaron un balance nutricional positivo durante los tres primeros periodos disminuyendo su eficiencia en el cuarto y quinto periodo (figura 2).

Cuadro 1. Promedios del peso inicial (PI), peso final (PF), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) de corderos (machos y hembras) de las razas, panza negra, ramboillet y sus mestizos (1/2) expresados en kg.

	PI	PF	GDDP	CA
Panza negra	27.375	30.718b	0.095c	10.325b
Ramboillet	37.156	44.218a	0.201a	6.625a
Mestizo	25.375	30.937b	0.158b	6.835a
Genotipo		**	**	**

Promedios seguidos de una misma letra dentro de cada columna, no difieren entre sí ($P > 0.05$), ** = $P < 0.01$; n.s. = No significativo ($P > 0.05$).

Al realizar el análisis de los datos tomando en cuenta los factores fenotipo y sexo de los corderos, para la GDP y CA los machos tuvieron mayor eficiencia alimenticia que las hembras $P < 0.05$ (cuadro 2).

Las medidas de la canal se muestran en el cuadro 3. Las canales fueron almacenadas a una temperatura de 3°C por 48 horas y nuevamente pesadas, para determinar el rendimiento de la canal caliente y fría (cuadro 4).

Los rendimientos de la canal de los corderos Pn (macho y hembra) resultó superior a R y M $P < 0.05$ pero éstas no fueron diferentes entre sí $P > 0.05$ mostrando R y M mayor peso en la piel que los corderos Pn. Resultados similares reportan Santos *et al.* (2001) en corderos de pelo al ser comparados con mestizos (lana-pelo) procedentes de cruza terminales. Por el contrario, Bores *et al.* (2002) reportan un mayor rendimiento de la canal de corderos mestizos en cruza terminales, al ser comparados con corderos de pelo. Sin embargo, ambos autores concluyen en que los corderos mestizos presentaron mejores características de la canal, con mayor proporción del tren trasero y menor del delantero. Además, presentaron mejor distribución de la grasa de cobertura al ser comparados con las razas de pelo. Similarmente, en el presente estudio el sexo no influye significativamente en los rendimientos y componentes de la canal $P > 0.05$ (cuadro 5).

Cuadro 2. Promedios del peso inicial (PI), peso final (PF), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) de corderos (machos y hembras) de las razas panza negra, rambouillet y sus mestizos.

	PI	PF	GDDP	CA
Panza Negra				
Machos	30.500b	34.560b	0.116c	8.08c
Hembras	24.250c	26.500c	0.064c	12.57c
Rambouillet				
Machos	41.060a	49.625a	0.244a	6.24a
Hembras	33.250b	39.000b	0.164b	7.01b
Mestizo				
Machos	30.000b	36.000b	0.171b	6.60a
Hembras	24.750c	29.125c	0.125c	7.07b

Valores seguidos de una misma letra dentro de cada columna, no difieren entre sí ($P>0,05$), y valores seguidos de literales diferentes en la misma columna difieren entre sí ($P<0,01$).

Cuadro 3. Longitud de la canal externa (LCE), profundidad torácica (PT), largo de la pierna (LP), circunferencia posterior (CP), longitud del pecho (LPE) y la grasa dorsal (GD) en centímetros (cm) de corderos panza negra, rambouillet y sus mestizos (1/2).

	LCE	PT	LP	CP	LPE	GD
Panza negra						
Macho	59b	71b	35b	63a	31b	0.3c
Hembra	56c	66c	33c	59b	27c	0.3c
Rambouillet						
Macho	61a	74a	37a	64a	37a	0.3c
Hembra	62a	72b	31c	58b	28b	0.3c
Mestizo						
Macho	58b	71b	33c	57b	29b	0.4b
Hembra	53c	69c	31c	59b	28b	0.5a
Macho	59.33a	72 ^a	35 ^a	61.33 ^a	32.33 ^a	0.33
Hembra	57b	69b	31.6b	58.66b	27.66b	0.36
Genotipo	**	**	**	**	**	**
Sexo	**	*	**	**	**	*

Promedios seguidos de una misma letra dentro de cada columna, no difieren entre sí ($P>0,05$), * = $P<0,05$; ** = $P<0,01$.

Cuadro 4. Peso al sacrificio (PS), peso de la canal caliente (PCC), y peso de la canal fría (PCF) expresado en kg, y porcentajes del rendimiento de la canal caliente (RCC) y fría (RCF), de corderos (machos y hembras) panza negra, rambouillet y sus mestizos (1/2).

	PS	PCC	RCC	PCF	RCF
Panza negra					
Macho	32.55c	18.5b	56.8a	17.70b	54.3a
Hembra	27.55c	15.27c	55 ^a	14.78c	53.6a
Rambouillet					
Macho	47.75a	22.57a	47.2b	22.10a	46.2b
Hembra	37.75b	18.27b	48.3b	17.87b	47.0b
Mestizo					
Macho	35.55b	17.26b	48.5b	16.90b	47.5b
Hembra	32.55c	15.69c	48.2b	15.29c	46.9b
Macho	38.61a	19.44 ^a	50.3	18.9 ^a	48.9
Hembra	32.61b	16.41b	50.3	15.98b	49.0
Genotipo	**	**	**	**	**
Sexo	**	**	n.s.	*	n.s.

Promedios seguidos de una misma letra dentro de cada columna, no difieren entre sí ($P>0,05$), * = $P<0,05$; ** = $P<0,01$; n.s. = No significativo ($P>0,05$).

Cuadro 5. Componentes de la canal de corderos panza negra, rambouillet y sus mestizos expresados en kg.

	Peso frío	Badal	Pierna	Lomo	Bajos	Costilla	Espalda	Carrizo
Panza negra								
Macho	17.700b	0.845b	4.805b	1.240b	1.270a	6.180b	2.830b	0.530b
Hembra	14.780c	0.740c	4.350c	0.890d	1.265a	4.730c	2.310c	0.490c
Rambouillet								
Macho	22.100a	1.060a	6.310a	1.585a	1.225a	8.140a	3.120a	0.700a
Hembra	17.870b	0.660c	5.020b	1.350b	1.180b	6.120b	2.870b	0.490c
Mestizo								
Macho	16.900b	0.820b	4.910b	1.175c	0.800c	6.170b	2.450c	0.580b
Hembra	15.290c	0.650c	4.465c	1.175c	0.980c	5.230c	2.270c	0.520c
Macho	18.900 ^a	0.908a	5.340a	1.330a	1.098	6.830 ^a	2.800a	0.603 ^a
Hembra	15.980b	0.683b	4.610b	1.138b	1.141	5.360b	2.483b	0.500b
Genotipo	**	**	**	**	**	**	**	**
Sexo	**	**	**	*	n.s.	**	*	**

Promedios seguidos de una misma letra dentro de cada columna, no difieren entre sí ($P > 0,05$), * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; n.s. = No significativo ($P > 0,05$).

Figura 1. Consumos de alimento por raza y periodo (kg).

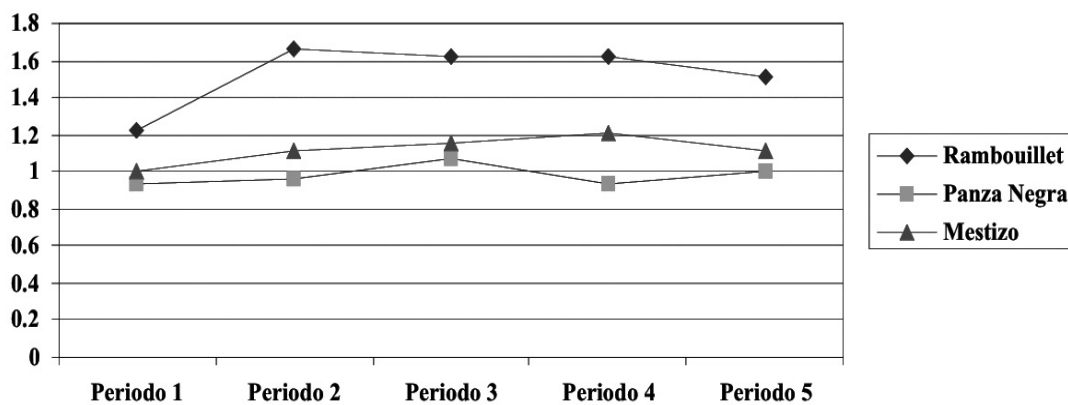
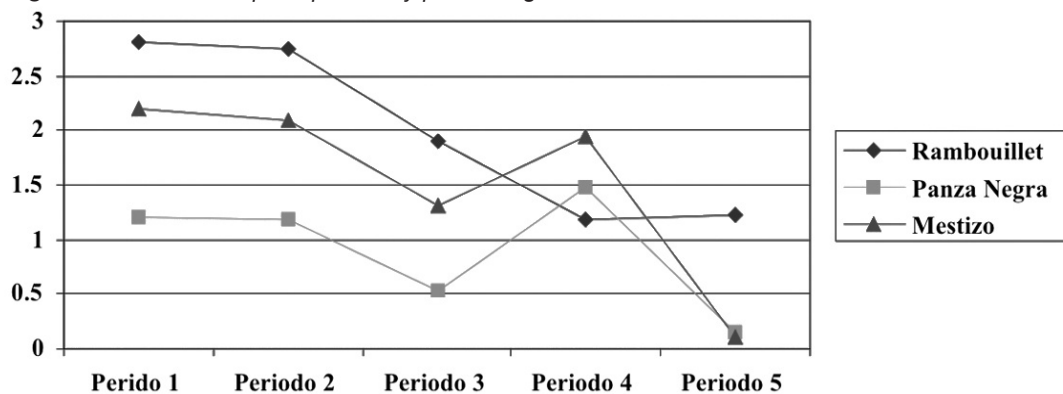


Figura 2. Ganancia de peso por raza y periodo kg.



CONCLUSIONES

El uso de carneros rambouillet, en cruzamiento con ovejas panza negra mejora la eficiencia alimenticia de los corderos mestizos con relación con los corderos panza negra, obteniéndose canales más homogéneas que las de los corderos panza negra puros mejorando el aspecto de la grasa de cobertura e incrementando el porcentaje de los cortes de mayor interés económico.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, G.A. 1980. *Boletín metereológico del estado de Chihuahua*. Chihuahua. Dirección de Geografía y Meteorología, S.A.R.H. Gobierno del Estado. U.G.R.CH. P. 301.
- Bores, Q.R.F., Velásquez, M.P.A. Heredia, y A.M. 2002. "Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo F1". En: *Téc. Pécu. Méx.*; 40(1): 71-79.
- De Lucas, T.J. y A.S. Arviza. 2000. *Producción ovina en el mundo y México*. México. Editores Mexicanos Unidos, S.A.
- De Lucas, T.J. y A.S. Arbiza. 2004. "Situación y perspectivas de la producción de carne ovina en México". En: *Memorias del curso de producción de carne ovina*. Noviembre 2004.
- Fisher, A.B., H. de Boer H. 1994. "The EAAP estándar method of sheep carcass assessment. Carcass measurements and dissection procedures". En: *Report of the EAAP Working Group on Carcass Evaluation, in cooperation with the CIHEAM Instituto Agronómico Mediterráneo of Zaragoza and CEC Directorate General for Agriculture in Brussels*. Bruselas.
- González, G.R., H.G. Torres, A.M. Castillo. 2002. "Crecimiento de corderos Black Belly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México". En: *Vet. Méx.* Vol. 33(4): 443-453.
- INEGI, 2005. Censo nacional agrícola y ganadero.
- López, P.M.G., L.M.S. Rubio, M.S.E. Valdés. 2000. "Efecto del cruzamiento, sexo y dieta en la composición química de la carne de ovinos Pelibuey con Rambouillet y Suffolk". En: *Vet. Méx.* Vol. 31(1).
- SAGARPA 2005. Población Ovina en México.
- Santos, L.E. M.S. Bueno, E.A. Cunha, y M.J.L. Neto. 2001. "Comportamiento productivo y características de la canal de corderos Santa Inés y sus cruzamientos con razas especializadas para la producción de carne". Presentado en *XXVI Jornadas Científicas internacionales de la sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*. Sevilla, SEOC, pp. 294-300.
- Zambrano, A.C.R. 1997. "Crecimiento post destete de corderos West African". En: *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(supl. 1): 445-447.

■ ARTÍCULO DE REVISIÓN

La excreta de cerdo como ingrediente alimenticio en la dieta de rumiantes

Héctor González García,¹ Jerónimo Venegas Maldonado,¹ Aracely Orozco Erives,¹

Roberto Martínez de la Rosa,¹ Efraín García SanMiguel,¹ Imelda Ramos Guevara¹ y Álvaro Rodríguez Rivera²

RESUMEN

Un problema fundamental en las granjas de cerdos es el manejo del estiércol, por su dificultad para reducirlo, causando un alto índice de contaminación. En México se usan los sistemas aeróbicos y anaeróbicos para reducir las excretas, sin embargo, su implementación implica altos costos, siendo únicamente las granjas del estrato tecnificado las que tienen la capacidad técnica y económica de instalación. Los productores de cerdos que pertenecen al estrato semitecnificado no poseen tal capacidad, razón por la cual una alternativa para su eliminación es su utilización en la dieta de rumiantes. Sin embargo, una de las características de las heces de cerdo (cerdaza) que ha limitado su utilización, es su elevado contenido de humedad, situación que dificulta su manejo. Aquellas regiones que presentan características climatológicas que incluyen un clima cálido y gran cantidad de días soleados y elevada evaporación, permiten desecar las excretas de cerdo al sol como un método práctico y económico de procesamiento, método que además permite la disminución de la cuenta bacteriana y de huevecillos de parásitos que pudieran estar presentes en ellas.

INTRODUCCIÓN

Los productores de cerdos de traspatio que existen en las grandes ciudades y zonas conurbadas subsisten, en su gran mayoría, con el uso indiscriminado y sin regulación de los desperdicios orgánicos provenientes de comedores industriales, restaurantes y hospitales en la dieta de los animales, disminuyéndose así los costos de producción. No obstante,

se produce una gran cantidad de excretas, con la consecuente contaminación ambiental y un alto riesgo para la salud pública, debido a la probable contaminación de orden químico y microbiológico que pueden generar (McCaskey, 1990).

Para dar solución al problema de contaminación se plantean varias alternativas que permitan la utilización del estiércol porcino, pues éste es un desecho que puede ser aprovechado, debido a que

¹Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Anillo Pronaf y Estocolmo s/n, Col. Progresista, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. C. P. 32300. hgonzale@uacj.mx

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

es una fuente rica en materia orgánica (MO). Se han efectuado diversos trabajos buscando utilizar las excretas de cerdo como fuente de energía produciendo gas metano (CH₄; Ishibashi y Dey, 1990); para usarlas como fertilizante (Nuñez *et al.*, 1987); en forma de ensilaje con melaza y diversos pastos tropicales (Vinay *et al.*, 1989); en la alimentación de los mismos cerdos (Íñiguez y Robles, 1989; Obregón *et al.*, 1992); en dietas para toretes de engorda (Gutiérrez-Vázquez y Peña, 1990); como fuente de nitrógeno (N) en dietas para borregos (Cruz *et al.*, 1990; Íñiguez *et al.*, 1990); y en raciones completas para ovinos (Purata *et al.*, 1993).

Las heces del cerdo son un recurso con gran potencial para destinarlo como ingrediente en alimentación animal debido a su bajo costo, su elevado contenido en MO (al menos 78%) y niveles apreciables de proteína cruda (PC; aproximadamente 15%), lo que hace necesario aprender a utilizarlo, buscando incorporarlo fundamentalmente en raciones de rumiantes y de esta forma coadyuvar a la solución del problema de contaminación ambiental generado por las granjas porcinas.

Por otro lado, se conoce la capacidad del rumiante para convertir la proteína de mala calidad, la que hidroliza y convierte en nueva proteína a partir de nitrógeno no proteico (NNP). También es conocido el hecho de que la proteína de los alimentos tiene diferentes tasas de degradación que probablemente influyen en el comportamiento de los rumiantes; lo anterior se debe a que ésta posee distinta solubilidad y tiempo de permanencia en el rumen, efectos que son condicionados por su diferente susceptibilidad al ataque enzimático de la flora ruminal.

FACTORES QUE AFECTAN LAS CARACTERÍSTICAS DEL ESTIÉRCOL

Las características del estiércol del ganado varían grandemente de granja a granja. Los factores que afectan dichas características incluyen: la edad del animal, la dieta y el sistema de producción. El es-

tiércol de animales más jóvenes no será tan estable biológicamente como aquel de animales maduros. El tamaño del animal también afectará la cantidad producida de estiércol. En general, entre más grande sea el animal más estiércol producirá. Un estimado aproximado de la cantidad de estiércol producida por día es el 8% del peso del animal. Por ejemplo, un cerdo de 100 libras produce como 8 libras de estiércol por día. La digestibilidad, el contenido de proteínas y de fibra en la dieta son factores importantes que afectan las características del estiércol. Por ejemplo, el ganado alimentado con raciones altas en concentrado no producirá tanto estiércol como el ganado alimentado con raciones altas en fibra (Gómez *et al.*, 1983).

La manera en la que la unidad de producción es diseñada y operada afecta si el estiércol es sólido, semisólido o líquido. Por ejemplo, si se utiliza un sistema de manejo del tipo de agua a presión, el estiércol será diluido por la misma agua y por tanto el estiércol será líquido. Si se utilizaran grandes cantidades de material de cama, el estiércol será sólido. Este último debe contener de 20 a 25% o más de contenido sólido. Para obtener este tipo de estiércol se deberá de añadir material de cama o drenar los líquidos y permitir que se seque. El estiércol semisólido contiene de 10 a 20% de contenido sólido. El estiércol semisólido podría ser amontonado si es que se añade algo de material de cama; aunque el estiércol semisólido no se amontona tan bien como el estiércol sólido y el escurrimiento podría aparecer alrededor de los bordes. El estiércol semisólido con un contenido menor de sólidos, a veces es conocido como pasta, puede ser bombeado con bombas centrífugas de diámetro grande, de pistones, de tipo de tornillo u otras de estiércol. El estiércol fresco normalmente tiene una consistencia pastosa. El estiércol líquido contiene de 0 a 10% de contenido sólido (Sutton, 1990).

LAS EXCRETAS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Como alternativa no contaminante, las excretas excedentes a las necesidades de fertilización de los suelos, se han destinado directamente a la producción de alimentos de consumo animal, pero en principio, el reciclaje del estiércol no llega a solucionar del todo el potencial contaminante, ya que la especie objeto del reciclaje generará a su vez desechos. El uso de las excretas de los animales en la realimentación obedece principalmente a su elevado contenido de materia mineral y de N, el que representa su mayor riqueza, aunque cuentan con una pobre concentración de energía (Shimada *et al.*, 1986).

En general, el N se concentra en mayor cantidad en las heces de aves, seguido por las de los cerdos y las de bovinos; las diferencias obedecen a la actividad digestiva y metabólica, así como a la composición de sus dietas, pero hay variaciones en función del tipo de materiales con que se mezclan, de los sistemas de alojamiento y del manejo de los animales, así como los de recuperación y almacenamiento de los desechos. Lo que es indudable es que las excretas tienen el potencial de ser una fuente de riqueza si se les considera, no como un desecho, sino como una materia prima disponible todo el año para su reciclaje en la alimentación (Cuca *et al.*, 1990).

En el caso de las aves domésticas, en el mercado mexicano se aceptan dos tipos de productos: la pollinaza y la gallinaza, cuyo uso se ha logrado consolidar en un sistema de producción partiendo de la alimentación de ovinos y bovinos para engorda. Esto se debe tal vez a su bajo contenido de humedad que las hace de fácil manejo. Actualmente se recicla una gran parte de las excretas avícolas en algunos estados del centro de la República, estimándose que cerca del 90% de las excretas se usan en la engorda de rumiantes, alcanzando precios cercanos al de los granos de cereales. En muchos casos, han llegado a incluirse en la dieta de rumian-

tes como el ingrediente mayoritario, aún mezclados con granos y/o melaza; calcinados, estos desechos se han utilizado como fuentes muy disponibles de calcio (Ca) y fósforo (P; Solorio, 1993).

Por su gran disponibilidad, las excretas de cerdo están cobrando relevancia en la engorda de rumiantes, ya sea como una actividad secundaria a la cría de cerdos, ligada al manejo del estiércol en la misma granja, o bien, como un producto exportado a las engordas intensivas de ganado. El reciclaje de heces, o sólidos recuperados, de cerdos es una buena opción de control de la contaminación, ya que las excretas de rumiantes tienen un menor valor contaminante al provocar una menor demanda química y biológica de oxígeno (O₂), o por su menor densidad de N, P y otros elementos minerales (Gutiérrez-Vázquez *et al.*, 1994).

La cerdaza es una fuente reconocida de proteína y minerales (Guerrero y Cuarón, 1987; Flachowsky y Henning, 1990; Duarte *et al.*, 1990), y tiene la ventaja de que se dispone de ella a lo largo de todo el año. Íñiguez *et al.* (1990) reportan que la cerdaza contiene 21% de PC, 82% de MO y 15% de FC. En tanto que Obregón *et al.* (1992) reportan valores de 18.9% de PC, 20.2% de FC, 14.9% de cenizas, 43.6% de ELN, 0.16% de Ca, 0.5% de P y un valor calculado de EM de 1.9 Mcal/Kg. Mientras que Padilla *et al.* (2000) reportan valores de 73.5% de MS, 27.6% de PC, 12.6% de cenizas, 2.54 de Ca y 1.69% de P.

Para el uso de las excretas de cerdos, se ha encontrado que en el 80% de las explotaciones porcinas en México se limpian los corrales con un sistema tradicional de barrido y arrastre, lo que facilita la recuperación de los sólidos para la alimentación; en cambio, en instalaciones más modernas, con pisos de rejillas, se tiene que recurrir a mecanismos de separación de la fase sólida y acuosa de los desechos (Ávalos, 1998).

Por otro lado, el porcicultor que utiliza el reciclaje de excretas, en la realimentación de los cerdos, tiene la idea de que con esta práctica se ahorra alimento. Sin embargo, éste es un concepto discu-

tible, ya que si se toma en cuenta el valor nutritivo de las excretas y los días en que los cerdos llegan al peso de mercado, la práctica es ineficiente. Respecto a esto, se ha determinado que al realimentar las excretas (aún fermentadas) a los cerdos hay una reducción de la digestibilidad de la materia seca (MS) y de sus componentes, no sólo por efecto directo de ésta, sino además, por un fenómeno de digestibilidad asociativa que empeora el uso de los otros ingredientes, por lo que se recomienda siempre su reciclaje cruzado con otras especies, típicamente los rumiantes (Fontenot *et al.*, 1996).

Obregón *et al.* (1992) al utilizar 15% de cerdaza en la alimentación de borregos encontraron una ganancia diaria de peso de 0.24 kg, la cual fue superior a la reportada por Purata *et al.* (1993) quienes reportaron ganancias de 0.12 kg al incluir 20% de cerdaza más monensina sódica. Por otra parte, en trabajos implementados con bovinos de engorda utilizando estiércol fresco de cerdo se reportan ganancias diarias de peso desde 0.77 hasta 1.16 kg/d, cuando se incluyeron proporciones desde 25 hasta 45% (en base seca); además de melaza (25 al 45%) y rastrojo de maíz (Velásquez y Gutiérrez-Vázquez, 1992; Solorio, 1993; Gutiérrez-Vázquez *et al.*, 1994; García *et al.*, 1997). En tanto que Solorio (1993) demostró que cuando se usan niveles de 35, 45 y 55% de estiércol fresco de cerdo, la ganancia de peso de los animales muestra una respuesta lineal con una correlación negativa.

En otros estudios llevados a cabo para evaluar el aprovechamiento por los animales, Flores *et al.* (1994) no encontraron diferencias en la digestibilidad aparente (*in vivo*) de la MS (64.9, 68.3, 66.3, y 66.4%) cuando se incluyó cerdaza a la dieta de borregos en niveles de 0, 15, 30, y 45%, respectivamente. Además reportaron una máxima digestión ruminal de la cerdaza (71%) a las 72 horas de haberse incubado ésta en bolsas de nylon en el rumen de los animales, asimismo, hallaron que la degradabilidad de la cerdaza presentó una fracción soluble en rumen de la MS (fracción a) de 11.85%,

en tanto que la fracción insoluble pero degradable (b) fue de 55.6%.

El estiércol animal puede ser utilizado como fertilizante orgánico y alimento, fuente de energía, y sólidos para cama de animales (White, 1980). En rumiantes se ha estudiado el valor alimenticio del estiércol de cerdo deshidratado; deshidratado y pelletizado; los sólidos (Salcedo, 1989; Sutton, 1990) tratados con sustancias químicas (Flachowsky y Ørskov, 1986) y en forma natural (Gutiérrez-Vázquez y Peña, 1990; Partida y Gutiérrez-Vázquez, 1992; Velázquez y Gutiérrez, 1992; Solorio, 1993). El reciclaje de las excretas en la alimentación de rumiantes favorece económicamente a la producción de cerdos y a la de ovinos.

PRODUCCIÓN DE CERDOS

El incremento mundial del número de cerdos (MOPU *et al.*, 1990) y la tendencia por su producción intensiva, han creado severos problemas para el depósito de excretas (Íñiguez-Covarrubias *et al.*, 1986; Lo *et al.*, 1991; Andreakadis, 1992). Aunque hay diferentes procedimientos para el tratamiento de las excretas, cada una de ellas implica altos costos y los productores de cerdos que pertenecen al estrato traspatio, no tienen la capacidad económica o técnica para procesarlas. Una alternativa para ellos es la utilización del estiércol de cerdo deshidratado. La producción de estiércol (en base seca) en los cerdos por 100 kg de peso vivo (PV) es de 0.5 a 0.8 kg por día (Hennig y Flachowsky, 1982).

ASPECTOS ECOLÓGICOS

Actualmente existen políticas gubernamentales que exigen a los productores eliminar el estiércol de las granjas y con ello reducir la contaminación del suelo, aire y agua. En caso contrario, esto puede ser causal de clausura de la explotación.

Algunos serios problemas ambientales son asociados con la producción de cerdos (Beudet *et al.*,

1990), y el estiércol reciclado como alimento de los rumiantes podría tener un impacto positivo sobre:

- 1) El efecto de invernadero o calentamiento de la tierra.
- 2) La deforestación y la erosión inducida por el sobrepastoreo.
- 3) La contaminación del agua y tierra.

El calentamiento de la tierra es causado principalmente por la emisión de bióxido de carbono (CO_2) y CH_4 , determinándose que este último contribuye aproximadamente en un 25% al efecto de invernadero, y los rumiantes producen aproximadamente el 20% de este gas. Se ha sugerido que la suplementación estratégica hace más eficiente la digestión ruminal, disminuye la generación de CH_4 y aumenta la productividad (Preston, 1990). Se puede asumir que la estrategia alimenticia propuesta posee altos niveles de N a través del estiércol, misma que hace más eficiente la digestión ruminal, disminuyendo la producción de CH_4 . Además, por el uso de recursos locales, la necesidad de combustible fósil para la producción de granos es menor e indirectamente se evita el incremento de CH_4 y de CO_2 .

EFECTO SOBRE LA SALUD PÚBLICA

El estiércol animal ha sido usado satisfactoriamente en programas de alimentación animal por varios años sin problemas significativos en la salud animal, sin embargo, los siguientes agentes han sido considerados como posibles riesgos potenciales relacionados con el estiércol como alimento: organismos patógenos, toxinas microbiales, parásitos, virus, arsenicales, antibióticos, drogas, hormonas, coccidiostatos, metales pesados y elementos traza (McCaskey, 1990); y antihelmínticos y nitrofuranos que deben ser críticamente evaluados antes de que el estiércol sea utilizado como alimento.

Por el posible efecto negativo sobre los animales en quienes se recicla el estiércol, se hace necesario realizar investigaciones adicionales que de-

muestren la seguridad en los riesgos de salud que no han sido evaluados previamente, y determinar el significado real epidemiológico del estiércol como un vector de enfermedades (Strauch, 1991). Sobre este aspecto, las principales investigaciones han sido realizadas en estiércol de aves (Kaimowitz *et al.*, 1991).

En cuanto a la toxicidad del estiércol animal, se ha reportado que a través de una prueba microtóxica, el estiércol de cerdo resulta tres veces menos tóxico que el estiércol de aves (Gupta y Kelly, 1990). Las siguientes bacterias son de especial importancia como riesgo bacterial asociado con el estiércol de cerdo: *Salmonella*, *Mycobacterium*, *Brucella*, *Escherichia coli*, *Leptospira*, *Yersinia* y *Campilobacter*; que no siempre están presentes en el estiércol de cerdo, siendo más prevalentes en los cerdos infectados (McCaskey, 1990).

PROCESAMIENTO

Los problemas de los riesgos potenciales de salud parecen tener menor importancia cuando el procesamiento elimina muchos de estos riesgos del estiércol (Íñiguez-Covarrubias *et al.*, 1986; McCaskey, 1990). El procesamiento de las excretas animales puede ser benéfico al mejorar la gustosidad, la destrucción de patógenos y el control del olor. Los principales métodos de procesamiento incluyen: el secado natural y por aire caliente (Sutton, 1990), ensilaje (Berger *et al.*, 1981; Sutton, 1990) y tratamientos químicos (Flachowsky y Henning, 1990). Cada proceso implica diferentes costos (de energía y equipo) y de mano de obra, prevaleciendo naturalmente los más baratos.

Los tratamientos físicos incluyen la separación sólido-líquido para recuperar el alimento no digerido. Las diferencias en la composición química de las excretas, por el sistema de recuperación, radica particularmente en el contenido de PC ($\text{N} \times 6.25$). La recuperación mecánica demanda menos mano de obra y es común en zonas con uso abundante del agua, pero es posible que el costo adicional, por

concepto del tratamiento del agua residual, haga necesaria en México la reflexión sobre su conveniencia; además, como se muestra a continuación, la separación mecánica de los sólidos origina pérdidas de N y de minerales, que son los que le dan el mayor valor (Sutton, 1990).

En el caso del proceso de deshidratación al sol, el sistema es usado con éxito en zonas áridas y semiáridas, en donde la baja precipitación pluvial permite usarlo todo el año. No obstante, requiere de espacio para su procesamiento y las pérdidas de N son altas con respecto a otros tratamientos. En el caso de un secado artificial, el problema es que el equipo y la energía son de muy alto costo, mientras que el valor agregado que se logra es mínimo (Fontenot *et al.*, 1996).

Los tratamientos químicos incluyen el mezclado de bactericidas biodegradables y el uso de solventes para extraer la proteína, pero los reactivos son caros y difíciles de manejar; hay alternativas de origen enzimático, pero no se han usado comercialmente (Flachowsky y Henning, 1990).

Los tratamientos biológicos incluyen el ensilaje para preservar los nutrientes, y la fermentación microbiana aeróbica o anaeróbica para el uso del NNP en su transformación a proteína unicelular (microbiana), que puede ser mejor usada por el animal. Estos procedimientos se han ideado, por un lado, para buscar un método económico en el que la pérdida de nutrientes sea la menor posible o, incluso, se induzca un aumento en su digestibilidad (Chaudry *et al.*, 1996).

El ensilaje del estiércol es un proceso que disminuye las pérdidas de nutrientes, elimina los patógenos (Chaudry *et al.*, 1996), mejora la gustocidad (Lober *et al.*, 1992) e incrementa el consumo voluntario (Berger *et al.*, 1981). También, desde el punto de vista ético e higiénico, es un proceso aceptable, ya que permite el almacenaje y el manejo de un producto. Al ensilar estiércol fresco de cerdo se han utilizado como fuente de fibra diversos esquilmos y forrajes, entre ellos: el rastrojo de maíz (Gutiérrez-Vázquez y Peña, 1990; Partida

y Gutiérrez-Vázquez, 1992; Solorio, 1993), paja de sorgo (Velázquez y Gutiérrez-Vázquez, 1992), heno de pasto Taiwan (Gutiérrez-Vázquez, 1995), paja de trigo (García, *et al.*, 1997) y pasto fresco Taiwan (Aguilar *et al.*, 1994), siendo mayor el consumo de los bovinos cuando se utilizó al rastrojo de maíz o la paja de sorgo, sin embargo, es necesario plantear investigaciones que permitan determinar la influencia de la fuente de fibra.

No obstante, el ensilaje da origen a un producto voluminoso relativamente difícil de manipular y con un menor contenido de energía; requiere de mayor manejo y mano de obra y de infraestructura para su almacenamiento (Fontenot *et al.*, 1996). Aunque se ha incrementado el uso de esta técnica, aún no es muy popular entre los productores tecnificados, sobre todo porque su práctica implica ciertos cuidados para obtener un ensilaje de calidad.

CONCLUSIONES

La definición en la implementación de cualquier método de proceso debe de considerarse la compatibilidad con el clima de la localidad, el tipo de instalaciones de la explotación y el sistema de alimentación. El manejo y uso de las excretas animales debe integrarse al sistema de producción pecuario que las origina y debe, a su vez, estar respondiendo a una nueva proyección de la explotación y es que no hay manejo, por simple que sea, que pueda adaptarse a todos los sistemas de producción, por lo cual cada explotación debe considerar las ventajas y las desventajas de cada opción de proceso.

REFERENCIAS

Aguilar, P.J.C., G.R. Cetina, H.E. Valencia y F. Santos. 1994. "Comportamiento de novillos estabulados, alimentados con una dieta integral de excretas frescas de cerdo, melaza y forraje de corte". En: *Primer Seminario Internacional sobre Perspectivas del Ecosistema Ruminal*. Universidad de Colima. Colima, Conacyt, pp. 9-23.

- Andreakadis, A.D. 1992. "Anaerobic digestion of piggery wastes". En: *Water Sci. Tech.* 25: 9-16.
- Avalos, A.M. 1998. "Efecto de la inclusión de niveles crecientes de ensilaje de estiércol en la digestibilidad de las dietas". En: *Instituto de Investigaciones Forestales Agropecuarias y Forestales*. pp. 301-303.
- Beaudet, R., C. Gagnon, J.G., Bisaillon y M. Is-haque. 1990. "Microbiological aspects of aerobic thermophilic treatment of swine waste". En: *Appl. Envir. Microbiol.* 56: 971-976.
- Berger, J.C.A., J.P. Fontenot, E.T. Kornegay y K.E. Webb Jr. (1981). "Feeding swine waste. I Fermentation characteristics of swine waste ensiled with ground hay or ground corn grain". En: *J. Anim. Sci.* 52: 1388-1403.
- Chaudry, S.M., J.P. Fontenot., Z. Naseer y C.S. Ali. 1996. "Nutritive value of deep stacked and ensiled broiler litter for sheep". En: *Anim. Feed Sci. Technol.* 57: 165-173.
- Cruz S.R., C.M. Cornelio y J. López. 1990. "La cerdaza como fuente de nitrógeno en la dieta de borregos Pelibuey". En: *Memorias del III Congreso Nacional de producción Ovina*. Tlaxcala, U.A. de Tlaxcala.
- Cuca, G.M., G.E. Ávila y M.A. Pro. 1990. *Alimentación de las Aves*. Chapingo, Colegio de Posgraduados.
- Duarte, V.F., C.A. Magaña y G.F. Rodríguez. 1990. "Utilización de las heces en alimentación animal. I. Caracterización químico nutricional de heces de bovinos y porcinos". En: *Técnica Pecuaria*. 28: 22-29.
- Flachowsky, G., y A. Henning. 1990. "Composition and digestibility of untreated and chemically treated animal excreta for ruminants. A review". En: *Biol. Wastes*. 31: 17-36.
- Flachowsky, G., y E.R. Ørskov. 1986. "Rumen dry matter degradability of various pig faeces and chemically treated pig slurry solids". En: *Arch. Anim. Nutr.* 36: 905-913.
- Flores A.L., J.E.C. Domínguez, J.F. Obregón, R.C. Barajas y E.G. Vázquez. 1994. "Evaluación nutricional del contenido ruminal y del excremento de cerdo secados al sol para la alimentación de rumiantes". En: *Primer Foro Estatal "Ambiente y Ecología en Sinaloa Diagnóstico y Perspectivas"*. Mazatlán, Sin. pp. 36.
- Fontenot, J.P., G.A. Ayangbile y V.G. Allen. 1996. "Potential for Recycling Animal Wastes by Feeding to Reduce Environmental Contamination". En: *Nutrient Management of Food Animals to Enhance and Protect the Environment*. Boca Raton, Fl., Ed. E. T. Kornegay. Lewis Publishers.
- García, T.S., H.A. Escobedo y E. Gutiérrez-Vázquez. 1997. "Efecto de tres fuentes de fibra en el comportamiento de toretes alimentados con estiércol fresco de cerdo". Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Gómez, A., M. Santacruz, F. Gaxiola y L. Llamas. 1983. "Análisis comparativo del valor nutritivo de algunas fuentes de proteína para la alimentación de rumiantes". En: *Memorias. Reunión de Investigación Pecuaria en México*. México. P. 665.
- Guerrero, F., y J. Cuarón. 1987. "Utilización del nitrógeno y digestibilidad del cobre en heces deshidratadas de cerdo". En: *Técnica Pecuaria* 25: 315-339.
- Gupta, G., y P. Kelly. 1990. "Toxicity (EC 50) comparisons of some animal wastes". En: *Water Air and Soil Pollution* 53: 113-117.
- Gutiérrez-Vázquez, E. 1995. "Efecto de los ácidos grasos volátiles del proceso rumen abomasal (*in vitro*) y de la melaza sobre la viabilidad de la *Salmonella typhimurium*". Tesis de Doctor en Ciencias. Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Colima.
- Gutiérrez-Vázquez, E. y P.F. Peña. 1990. "Finalización de toretes alimentados con estiércol fresco de cerdo, melaza y rastrojo de maíz". En: *Primer Encuentro en Producción Animal*. Morelia. Escuela de Medicina Veterinaria y

- Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. P. 25-27.
- Gutiérrez-Vázquez, E., P.F. Peña, P.M. Partida y G. Flachowsky. 1994. "Acceptance or fresh swine by growing bulls". En: *J. Appl. Anim. Res.* 5: 143-152.
- Hennig, A., y G. Flachowsky. 1982. "Pig excrement as a new feedstuff for ruminants". En: *Pig News Info.* 3: 269-274.
- Íñiguez, G.C., y A. Robles. 1989. "Reciclaje y tratamiento de excretas de cerdo". En: *Memorias del IV Congreso de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal.* Acapulco, Gro.
- Íñiguez, G.C., J.A. Cuarón y G.P. Pérez. 1990. "Estudio de factibilidad técnico económico para el aprovechamiento del estiércol de cerdo en la alimentación de borregos". En: *Memorias del Primer Ciclo Internacional sobre Manejo y Aprovechamiento de Estiércol de Cerdo.* Guadalajara, Jalisco. UAG.
- Íñiguez-Covarrubias, G., M.J. Franco-Gómez, M. Peña-Romero y A. Ciurlizza. 1986. "Evaluation of the protein quality of solids recovered from hog manure slurry". En: *Agric. Wastes* 16: 113-120.
- Ishibashi, K., y D.L. Dey. 1990. "Technical and economical feasibility of uses methane gas produced from swine waste for energy". En: *Memorias del Primer Ciclo Internacional sobre Manejo y Aprovechamiento de Estiércol de Cerdo.* Guadalajara, Jalisco. UAG.
- Kaimowitz, D., E. Trigo y R. Flores. 1991. "Hacia una estrategia para un desarrollo sostenido". En: *Sistemas Agropecuarios Sostenibles y Desarrollo Rural en el Trópico.* II Seminario Taller Internacional Cali, Colombia. Editores: T R Preston y M Rosales. CIPAV, pp. 35-56.
- Lo, V.K., P.H. Liao, y R.J. Van Kleeck. 1991. "A full scale sequency batch reactor treatment of dilute swine waste water". En: *Can. Agric. Eng.* 33: 193-194.
- Lober, U., H.J. Eisengarten y G. Flachowsky. 1992. "A field study on the influence of urea on microbial decontamination and digestibility of broiler litter". En: *Bioresource Tech.* 41: 135-138.
- McCaskey, T.A. (1990). "Health aspects associated with the feeding of swine waste. Un Recurso Renovable". En: *Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre el Manejo y Aprovechamiento del Estiércol de Cerdo.* Guadalajara. CINVESTAV, Universidad de Guadalajara, Conacyt. pp. 33-48.
- MOPU, PNUMA y AECI. 1990. "Desarrollo y medio ambiente en América Latina y el Caribe. Una visión evolutiva". En *Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.* Madrid. p. 90 y 130.
- Núñez, S.F., S.F. Urrieta, Z.E. González y S.V. Ursey. 1987. "Determinación química en excretas de cerdo, sometidas a biodigestión anaeróbica en laboratorio". En: *Avances en Ciencias Veterinarias* 2: 42-46.
- Obregón, J.F., C.R. Barajas y L.J.M. Uriarte. 1992. "Comparación de tres niveles de inclusión de heces de inicialización de desarrollo en dietas para cerdos en finalización". En: *Memorias de XXVII Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos.* Acapulco, Gro.
- Padilla, G.E.C., A.F.R. Castellanos, J.G.C. Cantón y Y.B.O. Moguel. (2000). "Impacto del uso de niveles elevados de excretas animales en la alimentación de ovinos". En: *Livestock Res. Rural Dev.* 12: 121.
- Partida, P.M. y E. Gutiérrez-Vázquez. 1992. "Finalización de toretes alimentados con estiércol fresco de cerdo (30 y 24.5%), melaza y rastrojo de maíz (con o sin urea)". En: *IV Reunión de Nutrición Animal.* Monterrey, N.L., Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nuevo León. pp. 14-18.
- Preston, T.R. 1990. "Future strategies for livestock production in tropical third world countries". En: *Ambio.* 19: 390-393.

- Purata, F., D. Lerma, D.R. Martínez y S.V. Urselay. 1993. "Inclusión de cerdaza al mismo nivel y a la adición de ionóforos (monensina sódica y lasolacida sódica) en raciones completas para ovinos". En: *Memorias de la XXIV Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. Chihuahua, Chih. Facultad de Zootecnia, UACH.
- Salcedo, M.J.R. 1989. "Evaluación nutritiva de sólidos de excretas porcinas desecadas en la alimentación de bovino". Tesis de Maestría en Ciencia Animal Tropical. Mérida. FMVZ. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Shimada, A., F.G. Rodríguez y J.A. Cuarón. 1986. *Engorda de Ganado Bovino en Corrales*. México. Consultores en Producción Animal S. C..
- Solorio, S.B. 1993. "Comportamiento de bovinos alimentados con tres niveles de EFC. (35, 45, 55 BS), melaza y rastrojo de maíz". Tesis de Maestría. Mérida. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Strauch V.D. 1991. "Livestock manure as vector for infections agents". En: *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 98: 1389-1391.
- Sutton, A.L. (1990). "Utilization of swine manure solids in ruminants diets. Estiércol de Cerdo un Recurso Renovable". En: *Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre el Manejo y Aprovechamiento del Estiércol de Cerdo*. Guadalajara. CINVESTAV. Universidad de Guadalajara, Conacyt, Pp. 101-119.
- Velásquez, M.J.E. y E. Gutiérrez-Vázquez. 1992. "Alimentación de toretes (*Bos taurus* y *Bos indicus*) en desarrollo con estiércol fresco de cerdo, melaza y rastrojo de maíz (con o sin urea)". En: *IV Reunión de Nutrición Animal*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nuevo León. Pp. 19-23.
- Velázquez, M. J. O., y V. E. Gutiérrez. (1992). "Alimentación de toretes cerdo, melaza y rastrojo de maíz". *IV Reunión de Nutrición Animal*. Monterrey, N. L. FMVZ, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L. p. 19-23.
- Vinay, V.J., R.S. Aguilera y M.L. Montero. 1989. "Valor nutritivo de las excretas de cerdo, ensilada con melaza y pasto elefante (*Pennisetum purpureum: Schum*) C. V. Taiwan". En: *Memorias del IV Congreso de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal*. A. C. Acapulco, Gro. Pp. 188-191.
- White, R.K. 1980. "The role of liquid solid separation in today livestock waste management systems". En: *J. Anim. Sci.* 50: 356-361.

■ ARTÍCULO DE REVISIÓN

Colección pteridológica del programa de Biología de ICB-UACJ

Ana Beatriz Marín Reyes,¹ Miroslava Quiñónez Martínez,¹ Rafael Corral Díaz¹

RESUMEN

Se presenta la primera colección pteridológica para el programa de Biología de ICB-UACJ, cuya área de estudio comprende 21 localidades en diferentes estados de la República Mexicana: Chihuahua, Sinaloa, Veracruz, Durango, México, Hidalgo, Querétaro y Tamaulipas. Se clasificaron 133 taxa, 71 de ellos a nivel específico y 62 a nivel genérico. La división Pteridofita es representada por la clase Filicopsidae con 12 familias, 20 géneros y 38 especies con la mayor riqueza de especies principalmente de los estados de Sinaloa, Veracruz, Durango y Chihuahua. Se identificó sólo un representante de la clase Ophioglossidae y uno de la clase Marattiaceae. En cuanto a plantas afines, se incorpora una especie del género *Equisetum* y una especie del género *Selaginella*. Esta colección pteridológica representa una aportación al herbario de ICB-UACJ, principalmente porque es una de las divisiones de mayor diversidad de especies y el número de ejemplares de esta división preservados en el herbario es mínimo.

INTRODUCCIÓN

Los helechos son los organismos más altamente evolucionados y exitosos del reino de las plantas de esporificación libre (Abbeyes *et al.*, 1989), por su importancia, su extensa variedad de hábitat y número de especies, ocupan un lugar privilegiado dentro de las criptógamas. Ninguna otra clase de organismos los supera en exuberancia de vegetación, elegancia, variedad de formas y frescura de colores, por ello poseen un alto valor como plantas de ornato. Es importante resaltar que según tradi-

ciones y costumbres étnicas, los helechos son utilizados como fuente de medicina natural (Cyrus *et al.*, 1955), además para su venta en la horticultura, hecho muy importante para la economía del lugar (Bold, 1987). Podemos conocer mejor y aprender más sobre estos organismos mediante la revisión de colecciones científicas especializadas en este ámbito, ya que una de las principales funciones de éstas es promover la divulgación de la temática botánica y medioambiental a todos los niveles: especializado, actuando la colección científica como recurso docente para la propia Universidad y para

¹ Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

los estudiantes o estudiosos interesados, y a nivel popular, como recurso didáctico abierto y centro generador-promotor de actividades, como exposiciones, conferencias, cursos, reuniones, creación de asociaciones de aficionados (International Association of Botanic Gardens, 2004)

Las pteridophytas tienen una amplia variación morfológica, por tanto, su importancia ecológica dentro de un ecosistema es que contribuyen a formar el suelo y se les considera importantes componentes de la vegetación secundaria (SBM, 2003). En su ambiente natural, los helechos tienen una importante función en la prevención de la erosión del suelo. Según informes, los granjeros de arroz en Asia permiten, o por lo menos toleran, el crecimiento del helecho flotante *Azolla* en sus campos de arroz puesto que dichas plantas contienen una cianobacteria fijadora de nitrógeno *Anabaena azolle*, la cual ayuda a fertilizar la tierra (Yarborough y Powell, 2002). Su función ecológica general es ayudar al sostenimiento y formación de la tierra. Los helechos arborescentes son considerados de gran importancia, tanto ecológica como económica y social. Actualmente se les considera como indicadores biológicos de lugares poco o nada perturbados (Australian National Herbarium, 2003). Los helechos han demostrado ser unas de las plantas más importantes para poblar la tierra. Su contribución hacia formar grandes cantidades de carbón durante el Carbonífero ha sido de valor inestimable para la humanidad (Knobloch y Correll, 1962).

Se conocen especies de helechos y de plantas afines que son tóxicas al ganado. Por ejemplo, el helecho *Cheilanthes sieberi* es venenoso a la oveja y ganado. *Equisetum arvense* (cola de caballo) puede ser tóxico a los caballos. El *Pteridium aquilinum* no sólo es venenoso al ganado, sino también produce sustancias carcinogénicas que, según informes recibidos, causan cáncer en humanos cuando se ingieren los callados en cantidades grandes (Yarborough y Powell, 2002).

Dado que estas plantas cuentan con un ta-

maño y belleza que llaman la atención, se usan como plantas de ornato (Campos *et al.*, 2003), lo que propicia que se coticen a precios muy elevados, principalmente en los “mercados negros” o mercados informales; asimismo, las emplean en la elaboración de artesanías, macetas y otros artículos de uso doméstico (Australian National Herbarium, 2003). Algunas especies de *Lycopodium*, sobre todo el rastrero, se emplea en la fabricación de coronas y decoraciones navideñas. Varias tribus de indios americanos usan las fibras de las especies de *Adiantum* y otras para tejer cestos (Knobloch y Correll, 1962).

Históricamente, los helechos se han usado en medicina en muchas partes del mundo. Normalmente se tomaron infusiones o decocciones de rizomas o frondas, o en algunos casos se usaron todas las partes de las plantas. Algunos de los remedios son considerados eficaces por las normas de hoy, pero el uso moderno de helechos en medicina es de importancia menor y local. Se han usado preparaciones de ciertas especies de helechos para expeler gusanos intestinales, tratar disentería, tratar dolor de las mordeduras y picaduras, aliviar quemaduras y para curar asma y reumatismo (Jones, 1987. Citado por Yarborough y Powell, 2002). Se ha demostrado que muchos helechos, entre ellos *Selaginella epidophylla*, tienen propiedades diuréticas. Se han usado preparaciones de otras especies para tratar úlceras y controlar hemorragias (Yarborough y Powell, 2002). El rizoma de helecho masculino *Dryopteris Filix-mas* (L.) Schott y las esporas del musgo del abeto (*Lycopodium Stlago* L.) se usan como un vermífugo (Knobloch y Correll, 1962). Algunas especies son empleadas para el tratamiento para males pectorales, como emolientes, diurético, para la tos y otras afecciones del aparato respiratorio, en ciertas molestias de las vías urinarias, para calmar la fiebre y gripas, entre otros.

Entre los usos comestibles, los helechos son usados para comida y bebidas en muchas partes del mundo. En algunas partes de Estados Unidos los retoños jóvenes de helechos, particularmente el de

la canela, se usan en refrescos y para preparar ensaladas. Los retoños jóvenes del helecho del avestruz (*Matteuccia struthiopteris* (L.) Todazo), no sólo se usa en ensaladas, ya que en Nueva Inglaterra y Canadá oriental es enlatado, incluso congelado, para su uso posterior. En Malasia algunos helechos se usan como verduras. En Asia los siberianos se preparan un té del helecho fragante (*Dryopteris fragrans* (L.) Schott) y los nativos de la India usan la médula de los helechos para preparar bebidas embriagantes (Knobloch y Correll, 1962).

En algunas partes de Estados Unidos las masas de la raíces robustas y fibrosas de los helechos de las especies *Osmunda* son cortados y se venden bajo los nombres comerciales de “Osmundine” o “la Turba de la Orquídea”, para ser usado como un sustrato para hacer crecer orquídeas comerciales. También se usan los tallos aéreos de helechos arbóreos como base para hacer crecer orquídeas epifitas. Ellos también se usan para los postes en la construcción de casas y fabricar mobiliario. Los tallos de algunas especies de *Equisetum* que contienen una grande cantidad de sílice, son usados todavía en distritos rurales para fregar muebles de la cocina y pulir madera. (Knobloch y Correll, 1962). Se usan las escamas o pelos de ciertos helechos epifitos como rellenos de almohadas. Los tallos flexibles y raquis de la hoja de algunos helechos se usan para hacer sogas, cestos, sillas y trampas para peces (Yarborough y Powell, 2002). La importancia de generar e integrar una colección pteridológica al Herbario de ICB-UACJ incluye el apoyo a las actividades de docencia e investigación del programa de Biología, elaboración de un inventario taxonómico de las especies de helechos obtenidas, elaboración de una base de datos por categoría taxonómica, así como la obtención de información sobre el uso potencial de especies comunes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares se obtuvieron de las siguientes localidades: Arareco, Cusárare, Basaseachi, Cuite-

co, San Juanito, Gumeachi, Barrancas del Cobre, San Rafael, Pitorreal, Cerro Bola en Ciudad Juárez, todos municipios de Chihuahua. El Palmito; Municipio de Choix; Ahome-Los Mochis; en Sinaloa. Texolo, Veracruz. El Salto, Durango. Toluca, Tlanchinol, Hidalgo; San Miguel de los Orrantia, San Joaquín Querétaro y Tamaulipas. En la presente investigación se realizaron 5 exploraciones para la recolecta de helechos durante el año de 2001 a 2004 en diferentes localidades de los estados de Chihuahua, Durango, Sinaloa, Veracruz y carretera a Toluca. La recolección del material se realizó extrayéndolos del sustrato correspondiente, mediante la utilización de un rastrillo de jardín y navaja o cuchillo. Se tomaron fotografías del material fresco, de preferencia en su propio hábitat y si era necesario a algún órgano del ejemplar en especial. Se registraron algunos parámetros principalmente: tipos de sustrato, vegetación asociada, estado del bosque o presencia de disturbio y coordenadas del sitio. Posteriormente, los ejemplares fueron herborizados. Se registraron las características macroscópicas del material tales como: 1. Hábito, 2. Patrones de láminas o de división de las hojas en los helechos: simple, pinnatífida, pinnada, Pinnado-pinnatífida, bipinnada, bipinnado-pinnatífida, tripinnada, bipinnatífida. 3. Tipo de venación: divaricada, furcada, pinnado-furcado, dicotómica, areolada-reticulada. 4. Posición de los soros: soro mixto, soro dorsal, soros elíptico, soro discreto, soros marginales, submarginal, linear, oblicuo 5. Tipo de rizoma o tallo: estipitoso, rizomatoso, estolonífero o cormoso. El estudio y caracterización de las estructuras microscópicas consistió en realizar preparaciones temporales de cortes de las esporas, el tallo, raíces y la hoja en KOH 5%; se observaron, midieron y dibujaron a escala estructuras importantes para su posterior identificación, de las esporas: el tipo de rasgadura, la ornamentación, la forma y la coloración que adquiriría al agregarles el KOH; del tallo; tipo de estelas, entre otros. La identificación se realizó mediante la comparación de los datos macroscópicos y microscópicos con literatura especializada

tales como: Knobloch y Correl (1962), Yarborough y Powell (2002), Palacios-Ríos (1992), Bold y Develoryas (1987), Mickel y Beitel (1988), Díaz y Palacio-Ríos (1992), Arregín-Sánchez *et al.*, 2004, Valier, K. (1995), Bolaños (1996), García, E. (1973) entre otros. El material Pteridológico será depositado en el herbario botánico de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ).

RESULTADOS

Clasificación. Se determinaron 133 taxa, 71 de ellos a nivel específico y 62 a nivel genérico, procedentes de diversas localidades de la República Mexicana. La división Pteridofita queda representada por la clase Ophioglossopsida con una familia, un género y una especie; la clase Filicopsida con 12 familias, 19 géneros y 39 especies; en cuanto a plantas afines se determinaron 2 géneros con una especie cada uno (Tabla 1). Para la Clase Ophioglossopsida se clasificó el orden Ophioglossales, familia Schizaeaceae, género *Anemia*, especie *adiantifolia*. En la Clase Marattiopsida se identificó el Orden Marattiales y familia Marattiaceae con *Marattia* sp. El orden Marsileales queda representado por la familia Marsileaceae y el género *Marsilea* con un ejemplar de la especie. Se estudió un ejemplar del orden Salviniiales, familia Salviniaceae y del género *Salvinia*. El orden Pteridiales está representado por la Familia Pteridaceae con cuatro especies pertenecientes al género *Adiantum*, los representantes del género *Cheilantes* son siete especies, el género *Mildella* con una especie; el género *Pellaea* al igual que el género *Pteris* están representados por dos especies. La familia Polypodiaceae es del orden Polypodiales y cuenta con tres géneros: *Polypodium* con seis especies, *Pleopeltis* con tres y *Camphylonerum* con dos. La familia Aspleniaceae queda representada por el género *Asplenium* y tres especies. Del género *Pteridium* perteneciente a la familia Dennstaedtiaceae al igual que el género *Vittaria*, de la familia Vittaraceae se identificó sólo una especie en cada uno. De igual manera para

las familias *Schizaeaceae*, género *Anemia*; *Tectaraceae*, género *Tectaria*, *Lophosporiaceae*, género *Lophosoria* y *Dryopteridaceae* con *Dryopteris* se estudió una especie para cada una de éstas. Se trabajó con *Blechnum*, *Thelypteris* y *Eriosorus* sólo hasta nivel de género. Por último de las divisiones afines; la familia *Equisetaceae* se trabajó con un género y una especie y *Selaginellaceae* con un género y dos especies.

Uso potencial. El uso potencial de los helechos radica básicamente en tres usos: medicinales, ornamentales o cultivados para follaje. El de uso ornamental es el de más demanda y el medicinal en segundo lugar. En la mayoría de las ocasiones en que se desea uso ornamental son helechos comercialmente cultivados, y muy poco porcentaje de éstos son obtenidos de forma natural, sin embargo, si su finalidad es el uso medicinal, es más común que éstos sean obtenidos de forma natural (ver tabla 2).

Entre los ejemplares clasificados presentes en esta colección con uso potencial ornamental se encuentran: Familia Polypodiaceae con poca importancia económica, ya que sólo algunas especies se cultivan ampliamente como ornamentales; Familia Pteridaceae, los géneros cultivados como ornamentales con más demanda son *Pteridium*, *Cheilantes*, *Asplenium*, *Pellaea* y *Adiantum*. La familia Selliginellaceae, alrededor de 25 especies, es cultivada como ornamental (Murillo, 1993).

En cuanto al uso medicinal, destacan *Adiantum capillis-veneris*, mejor conocido como culantrillo, que es empleado como emoliente, diurético para la tos y otras afecciones de las vías respiratorias. La familia Schizaceae, género *Anemia*, se emplea como expectorante. Del género *Blechnum*, algunas especies son abortivas y vomitivas (*Blechnum hastatum*), otros son auxiliares en las afecciones de los pulmones y en las dolencias causadas por cálculos en la vejiga (*B. occidentale*). Las especies del género *Cheilantes* son comúnmente empleadas como astringente en las afecciones pulmonares y en expectoraciones excesivas. *Equisetum arvense*,

mejor conocida como cola de caballo, rabo de mulata, se usa moderadamente en las afecciones de los riñones y vejiga; aumenta considerablemente la cantidad de orina, es considerada diurética, deter-siva y astringente, se usa en todas las hemorragias y se le confieren propiedades revitalizantes y estimulantes del tejido conjuntivo, aumentando además el número de leucocitos y actuando como antirreumático. Algunas especies del género *Polypodium* son auxiliares principalmente en hemorragias, astringentes, antiinflamatorias, sudorífico, antivieno, febrifugo, anticoagulante, depurativos, jugo del rizoma como diuréticos, asplénicos, y problemas hepáticos, enfermedades de la vejiga, dolores corporales, expectorante, rizomas usados para soriasis y reductor de tos y fiebre, accidentes secundarios de la sífilis, algunos rizomas de ciertas especies empleados como expelentes de gusanos. El género *Thelypteris* es empleado para bronquitis y enfermedades respiratorias. Algunas especies de *Selaginella* son usadas como remedio para las llagas, tratamientos del bazo, dolor de estómago, antivieno (Colombia) y diurético. *Asplenium*, *Pellaea* y *Adiantum* también son fuertemente empleados de forma medicinal (Murillo, 1993).

Existen algunas especies con uso potencial comestible como *el Pteridium aquilinum*, que es empleado como alimento (rizomas y frondas jóvenes). Los pueblos de las regiones árticas comen las hojas jóvenes y hacen pan de rizoma de esta especie; en Colombia es empleado como envoltorio de carnes crudas, ya que permite la aereación, evita la rápida descomposición y le proporciona a la carne un sabor agradable. *Salvinia sp.* es usada en tisanas refrigerantes.

CONCLUSIONES

Se incorporan como material pteridológico al herbario de ICB-UACJ una colección identificada y curada de 133 taxa; conformada por 71 especies y 62 géneros, producto de una colecta del año 2001 a 2004; y donaciones de algunas instituciones de

nivel superior. Destacan principalmente de la clase Filicopsidae los géneros *Cheilantes*, *Adiantum*, *Asplenium* y *Pteridium* con la mayor riqueza de especies principalmente de los estados de Sinaloa, Veracruz, Durango y Chihuahua. En cuanto a plantas afines, se incorpora una especie del género *Equisetum* y una del género *Selaginella*.

Esta colección pteridológica representa una gran importancia para el herbario de ICB-UACJ, principalmente porque es una de las divisiones de mayor diversidad a nivel mundial. Aunado a esto, el herbario no presenta ningún ejemplar preservado de pteridophytas, por lo que se contribuye al enriquecimiento de la diversidad de plantas herborizadas; como material de docencia del programa de biología, así como de referencia para investigaciones futuras.

Se sugiere mayor incremento de colectas en los diferentes tipos de ecosistemas de la nación, así como mayores estudios taxonómicos y ecológicos para resaltar la importancia de las Pteridophytas como parte de la biodiversidad y equilibrio ecológico.

Asimismo, los estudios taxonómicos y ecológicos de helechos y plantas afines son escasos, la mayoría de los registros se presentan en la zona centro-sur del país, por lo que es de gran importancia llevar a cabo un mayor número de estudios en la zona norte y específicamente en el estado de Chihuahua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbeyes, H.D., M. Chadefaud, J. Feldman, Y. De Ferré, H. Gaussens, P.P. Grassé, A.R. Pievot. 1989. *Botánica vegetales inferiores*. Barcelona. Ed. Revite, S.A. Pp. 653-663, 665-667, 711.
- Arreguín-Sánchez., Fernández-Nava., Quiroz-García. 2004. *Pteridoflora del Valle de México*. México. Primera edición. Instituto Politécnico Nacional.
- Bolaños, H.R. 1996. *Manual del Bosque. Sierra Tarahumara. Región San Juanito Creel, Red del Bosque Modelo*. Chihuahua.

Bold, Alexopolus, Develoryas. 1987. *Morfología de las plantas y hongos*. Barcelona. 1ra. Edición. E. Omega.

Campos, J., P.A. Cruz, T.M. Vázquez. 2000. "Helechos Yoyas naturales desapercibidas". En: *Revista de la divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*. Vol. XIX. No 1.

Cyrus L.L. 1955. *Pteridophyta*. Vol. 1. Part 1. University Press in Dallas. Southern Methodist University.

García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México. UNAM. Instituto de Geografía.

Knobloch, I.W., D.S. Correll. 1962. *Ferns and ferns aliens of Chihuahua, Mexico*. Renner, Texas. Published by Texas Research Foundation. Vol. 3.

Murillo, M.T. 1993. *Usos de los helechos*. No. 5. Instituto de Ciencias Naturales. Museo de Historia Natural. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia Bogotá.

Palacios, R.M. 1992 "Las Pteridophytas del Estado de Veracruz México". Tesis de maestría. México. Universidad Autónoma de México.

--- 2001. "Estado de conservación de los helechos del estado de Veracruz". En: *Memorias del XV Congreso Mexicano De Botánica*. Querétaro.

Valier, K. 1995. *Ferns of Hawaii*. Honolulu. University of Hawai'i Press. Pp. 4-8

Wilson, C., W.E. Loomis. 1957. *Botany*. Fourth edition. New York. Rinehart and Winston. Pp. 499-502.

Yarboroug, S.C., A.M. Powell. 2002. *Ferns and ferns aliens of the Trans-Pecos and adjacent areas*. Lubbock, Tx. Ed. Texas Tech University Press. Pp.1-14.

PÁGINAS ELECTRÓNICAS

Australian National Herbarium 2003. Centre for plant biodiversity research. The Ferns Page. Guide of Pteridophytes. The ferns and their aliens <http://www.anbg.gov.au/projects/fern/structure.html> (Octubre 2004)

Sociedad Botánica de México 2003. Boletín de la sociedad botánica mexicana, resumen 549. <http://www.socbot.org.mx/disco/resume/re594.htm> (Noviembre 2004)

International Association of Botanic Gardens, Real Jardín Botánico, Talleres de conservación, de divulgación y estudio de la flora y del medio ambiente <http://www.rjbalcala.com/objetivos.htm> (Junio de 2004)

Tabla 1. Clasificación taxonómica de los taxos de las diferentes localidades de la República Mexicana

TAXA
REYNO PLANTAE
DIVISIÓN PTERIDOFITAS
CLASE FILICOPSIDA
ORDEN MARSILEALES
FAMILIA MARSILEACEAE
GENERO MARSILEA
Marsilea vestita Hook. & Grev.
FAMILIA SALVINIACEAE
ORDEN SALVINIALES
GENERO SALVINIA
Salvinia minima Seg.
ORDEN PTERIDIALES
FAMILIA PTERIDACEAE
GENERO ADIANTUM
Adiantum capillus-veneris L.
Adiantum poiretii Wikstr.
Adiantum andicola Sw.
Adiantum braunii Meet. ex Khun
GENERO ERIOSORUS
Eriosorus sp.
GENERO CHEILANTES
Cheilantes brachypus (Kunze) Kunze
Cheilantes lendigera (Cav.) Sw.
Cheilantes lersten Mickel et Beitel
Cheilantes skinnerii (Hook.)
Cheilantes farinosa (Forssk.)
Cheilantes cuneata Kaulf, ex Link
Cheilantes bonariensis (Willd.)
GENERO MILDELLA
Mildella intamarginalis var serratifolia (Hoo. et Baker)
GENERO PELLAEA
Pellaea cordifolia (Sessè et Moc.)
Pellaea ternifolia (Cav.)

Continúa...

...continuación

GENERO PTERIS
Pteris quadriurta Retz.
Pteris orizabae M. Maetens et Galeoli
ORDEN POLYPODIALES
FAMILIA POLYPODIACEAE
GENERO POLYPODIUM
Polypodium guttatum
Polypodium madrense J. Sm.
Polypodium adelphum Maxon
Polypodium longepinulatum E. Fourn.
Polypodium thysanolepis A. Braun ex Klotzsch
Polypodium loriceum L.
GENERO PLEOPELTIS
Pleopeltis polylepis (Roem. es Kze)
Pleopeltis angusta Humboldt & Bonpland ex Willdenow)
Pleopeltis mexicana (Fée) Mickel y Beitel.
GENERO CAMPHYLONERUM
Camphylonerum tenuipes Maxon
Camphylonerum xalapense Fée
ORDEN ASPLENIALES
FAMILIA ASPLENIACEAE
GENERO ASPLENIUM
Asplenium monanthes L.
Asplenium sphaerosporum A. R. Sm.
Asplenium minimum M. Marten et Galeotti
ORDEN DENNSTAEDTIALES
FAMILIA DENNSTAEDTIACEAE
GENERO PTERIDIUM
Pteridium aquilinum (L.)
ORDEN VITTARIALES
FAMILIA VITTARACEAE
GENERO VITTARIA
Vittaria graminifolia Kaulf
ORDEN TECTARIALES
FAMILIA TECTARACEAE
GENERO TECTARIA
Tectaria heracleifolia (Willd.)
ORDEN LOPHOSORIALES
FAMILIA LOPHOSORIACEAE
GENERO LOPHOSORIA
Lophosoria quadripinnata (J.L. Gmel)
ORDEN DRYOPTERIALES
FAMILIA DRYOPTERIDACEAE
GENERO DRYOPTERIS
Dryopteris wallichiana (Spreng.)
ORDEN BLECHANLES
FAMILIA BLECHNACEAE
GENERO BLECHNUM

Continúa...

...continuación

Blechnum glanulosum
FAMILIA THELYPTERIDACEAE
GENERO THELYPTERIS
Thelypteris sp.
CLASE MARATTIOPSIDAE
ORDEN MARATTIALES
FAMILIA MARATTIACEAE
GENERO MARATTIA
Marattia sp.
CLASE OPHIOGLOSSPSIDAE
ORDEN OPHIOGLOSSALES
FAMILIA SCHIZAEACEAE
GENERO ANEMIA
Anemia adiantifolia (L.)
AFINES
CLASE
ORDEN SELAGINELLALES
FAMILIA SELLAGINELLACEAE
GENERO SELLAGINELLA
Sellaginella sp.
Sellaginella lepidophylla
CLASE EQUISETACEAE
ORDEN EQUISETALES
FAMILIA EQUISETACEAE
GENERO EQUISETUM
Equisetum arvense (L.)

Cuadro 2. *Taxas reconocidos como medicinales y ornamentales.*

Uso potencial

Medicinal	Ornamental
Adiantum capillus-veneris	Pteridium sp
Cheilantes bonarensis	Cheilantes sp
Pellaea ternifolia	Adiantum sp
Asplenium monanthes	Asplenium monanthes
Equisetum arvense	Polipodium sp.
Anemia	Pellaea sp.
Blechnum sp.	Pleopeltis
	Sellaginella

Instructions to Authors

The Editorial Board of the journal **Ciencia en la Frontera: Revista de Ciencia y Tecnología de la UACJ**, invites authors to submit manuscripts under three categories: research articles, short manuscripts (which will be short articles showing results of undergraduate thesis and written by the undergraduate students, reviewed by their advisers), and invited reviews. Manuscripts should be sent to the Editor in Chief, according to the following specifications:

1. Papers should be from original research and with scientific content.
2. Once published, articles cannot be published elsewhere in the same form, in any language, without the consent of UACJ publishers.
3. Papers may be: research articles, short manuscripts and invited reviews, belonging to the fields of natural or exact sciences (biology, life sciences, chemistry, mathematics, physics, etc). Final decisions concerning acceptability of the manuscripts will be made by the Editorial Board.
4. Papers may be written in English, Spanish or any Romance language. If a translation to Spanish is submitted, the text in original language should also be provided. Abstracts written both in Spanish and English should also be provided.
5. Originals are not sent back.
6. If the author fails to respond to the final comments of the Editorial Board of *Ciencia en la Frontera: Revista de Ciencia y Tecnología de la UACJ*, the journal can make editing changes which do not modify the original content of the article.
7. Papers should meet the following format:
 - Short and concise title, written in both English and Spanish or Romance languages.
 - A brief abstract between 40 and 150 words, which should also be written in both languages.
 - Name and nationality of authors.
 - Affiliation of authors, including highest degree and research field of all authors.
 - Author affiliations should be included as footnotes starting from number 1.
 - Ex. Ramírez, J. L.¹ y Martínez, R.²
1 Universidad de Puebla, México.
2 Universidad de Santiago Compostela, España.
 - Footnotes should be posted at the bottom left side of the page where they are mentioned.
 - Specify type of paper, i.e. Research article, Short manuscript or Invited Review.
 - Postal address of the corresponding author, which includes: telephone, fax and e-mail. Corresponding author should be highlighted with an asterisk (*) mark.
 - Manuscripts should be submitted in triplicate, printed in one side only, letter or A4 size paper, double-spaced, with margins of 3 cm.
 - A disk copy of the manuscript in Win/Word 6.0 or higher, should also be provided. Figures and tables should be sent in Excel or WinWord 97, each saved in a different file.
 - For Research articles, manuscript length should be between 10 and 30 pages, plus figures and tables. Short manuscripts should be shorter than 10 pages, plus figures and tables.

- Figures and tables should be mentioned in the text, and numbered in arabic numbers. The software in which they were created, should be mentioned.
- Figure and table legends should be concise and understandable, and should be listed at the end of the manuscript (after references).
- Bibliographic references should be quoted in the text by writing the last name of the first author and publication year between parenthesis. References will be included at the end of the text, ordered alphabetically.
- In references for book titles, capital letters should be used only at the beginning of the title and on authors names.
- When using abbreviations, the full meaning of them should be provided, when mentioned for the first time.
- Bibliographic references should be formatted as follows:

BOOK REFERENCES:

Author's last name, name (year). "*Book title*". City: Editorial. Total pages.

Ex:

Foucault, Michael (1984). "*Las palabras y las cosas*". México: Siglo XXI. pp. 200.

BOOK SECTION REFERENCES:

Author's last name, first name (year). "*Section title*". En: Editor's name and last name (ed.). *Book title*. City: Editorial. pages.

Ex:

Levine, Frances (1991). "*Economic perspectives on the Comanchero trade*". En: Catherine A Spielmann (ed.). *Farmers, hunters and colonists*. Tucson, AZ: The University of Arizona Press. 155-169.

JOURNAL REFERENCES:

Auhor's last name, fist name(s) initial(s); other authors. (year). "Article's title". *Journal abbreviation*, volume, pages.

Ex:

Sagara, Y., Fernandez-Belda, F., de Meis, L. e Inesi, G. (1992). "Characterization of the inhibition of intracellular Ca²⁺ transport ATPases by thapsigargin". *J. Biol. Chem.*, 267, 12606-12613.

Rivas-Cáceres, R. (1999). "Médanos de Samalayuca. Un urgente reclamo, una estrategia emergente". *Ciencia en la Frontera*, 1, 29-32.

Normas de publicación para los autores

El comité editorial de la revista **Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ**, acoge con gusto, propuestas de artículos para su publicación, bajo dos modalidades artículos de investigación y avances de investigación (artículos derivados de tesis de pregrado, escritos por los estudiantes y avalados por sus asesores). Las normas establecidas para la publicación son las siguientes:

1. Los trabajos deberán ser de *calidad científica e inéditos* avalados por un investigador de carrera.
2. Una vez publicado el artículo, los derechos de autor pasan a la UACJ.
3. Los artículos pueden ser de fondo (artículos de investigación), revisiones invitadas (actualizaciones en temas de investigación) o comunicaciones breves (avances de investigación), los cuales deberán referirse a las áreas de ciencias naturales y exactas, ajustándose al dictamen del comité editorial, el que evalúa su contenido científico de calidad y decide sobre la pertinencia de su publicación.
4. Los trabajos pueden ser enviados para su publicación en el idioma inglés, el español u otras lenguas romances. Si se envía una traducción al español, hay que adjuntar el texto también en forma original. Los artículos deberán incluir resumen en español seguido de uno en inglés (y viceversa).
5. No se devuelven los originales.
6. En caso de que el autor no responda después de haberse presentado las correcciones o dudas de su trabajo, la revista **Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ**, se reserva el derecho de hacer los cambios de edición sin modificar el contenido original de la obra.
7. Los trabajos deben ajustarse a los siguientes requisitos (de no cumplirse con ellos, no se considerarán para su publicación):
 - Título del trabajo, breve y conciso en inglés y español
 - Un resumen del contenido de una extensión aproximada de 40 palabras como mínimo y 150 palabras como máximo que deberá estar en inglés y español.
 - Nombre y nacionalidad del autor
 - Adscripción de todos los autores, incluyendo el máximo grado de estudios y área de especialización.
 - La institución de adscripción de los autores participantes deberá incluirse como un pie de página, comenzando con el número 1.
 - Ejem. Ramírez, J. L.¹ y Martínez, R.²
1 Universidad de Puebla, México.
2 Universidad de Santiago Compostela, España
 - Los pies de página, que denotan tanto la institución de adscripción, como ciertos tipos de notas, etc; aparecerán en el margen inferior izquierdo de la página en que sean mencionados.
 - Naturaleza del trabajo: artículo de investigación, avance de investigación, etc.
 - Dirección para correspondencia que incluya: teléfono, fax y correo electrónico. El nombre del autor al cual se dirigirá la correspondencia debe indicarse con un asterisco (*).

- Presentar 3 originales impresos en una sola cara, en papel Bond tamaño carta o A4, a doble espacio y con márgenes de 3 cm.
- Adjuntar el texto con una copia del trabajo en disquete, en formato Win/Word 6.0 en adelante, los cuadros y figuras en hoja de Excel o Win/Word 97 en adelante. Cada figura deberá estar grabada en un archivo individual.
- La extensión del trabajo deberá ser de un mínimo de 10 cuartillas de texto más las figuras, y de un máximo de 30 cuartillas más las figuras para un artículo de investigación. La extensión de los avances de investigación deberá ser de un máximo de 10 cuartillas de texto más las figuras.
- Las ilustraciones, cuadros y fotografías, deberán referirse dentro del texto, enumerándose en el orden que se cita en el mismo, e indicar el programa de cómputo en el que están elaborados.
- Los pies de figura deberán ser claros de forma que se entiendan sin necesidad de leer el texto. Estas deberán incluirse en un listado después de la bibliografía.
- Las referencias bibliográficas deben asentarse de la forma convencionalmente establecida en español, es decir, indicando estas en el cuerpo del texto con los apellidos del primer autor y año de publicación entre paréntesis, y los datos bibliográficos al final del escrito. La bibliografía se presenta al final del artículo por orden alfabético.
- Al citar los títulos de libro, se deben utilizar mayúsculas solo al inicio y en nombres propios.
- Al menos la primera vez, se deben proporcionar la equivalencia de las siglas empleadas en el texto, en la bibliografía y en los cuadros y las figuras.
- Distribuir los datos de las referencias bibliográficas de la siguiente manera:

REFERENCIA DE LIBRO:

Apellidos, nombre del autor (año). “*Título del libro*”. Lugar: Editorial. Número de páginas totales.

Ejemplo:

Foucault, Michael (1984). “*Las palabras y las cosas*”. México: Siglo XXI. Pp. 30-45.

REFERENCIA DE CAPÍTULO DE LIBRO:

Apellidos, nombre del autor (año). “*Título del capítulo*”. En: Nombre y apellido del editor (ed.). *Título del libro*. Lugar: Editorial. Páginas.

Ejemplo:

Levine, Frances (1991). “*Economic perspectives on the Comanchero trade*”. En: Catherine A Spielmann (ed.). *Farmers, hunters and colonists*. Tucson, AZ: The University of Arizona Press. 155-169.

REFERENCIA DE REVISTA:

Apellido(s) del autor, inicial(es); otros autores. (año). “*Título del artículo*”. *Nombre de la revista*, abreviado según el citation index o como aparezca en el artículo original, volumen, páginas.

Ejemplos:

Sagara, Y., Fernandez-Belda, F., de Meis, L. e Inesi, G. (1992). “Characterization of the inhibition of intracellular Ca²⁺ transport ATPases by thapsigargin”. *J. Biol. Chem.*, 267, 12606-12613.

Rivas-Cáceres, R. (1999). Médanos de Samalayuca. Un urgente reclamo, una estrategia emergente. *Ciencia en la Frontera*, 1, 29-32.