

IMAGEN

Veterinaria



BIO TERRORISMO

Genética animal
Alimentos transgénicos

Editorial

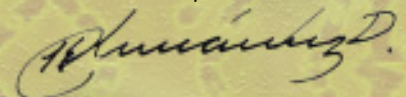
Sin duda alguna, la palabra bioterrorismo ha sido utilizada por todos cuando menos una vez durante los últimos meses. No obstante, este tema no es nuevo. La evolución histórica de la humanidad se debe en gran parte a las guerras, y al desarrollo tecnológico que traen consigo. A lo largo del tiempo, distintas epidemias ocasionadas por agentes infecciosos han tenido un gran impacto en la conformación del mundo actual. La conquista del Nuevo Mundo por el ejército español ejemplifica el efecto de la introducción de un agente infeccioso —la viruela— en una población susceptible. De la misma manera, las transiciones demográficas más importantes en los tiempos modernos se han debido a las grandes epidemias ocasionadas por agentes infecciosos como la plaga bubónica y la influenza.

La idea de utilizar agentes infecciosos para efectos similares a los de las grandes epidemias ha sido considerada por el hombre desde hace muchos años y existen descripciones en distintos periodos de la historia. Con el descubrimiento de la vacuna contra la viruela por Edward Jenner, y el subsecuente desarrollo de la vacunación, la amenaza potencial de utilizar algunos virus como armas disminuyó considerablemente. Sin embargo, el desarrollo de la microbiología moderna ha permitido el aislamiento y producción de nuevos arsenales de agentes infecciosos. La utilización de armas biológicas a escala global ya no es hoy en día, una amenaza teórica sino una realidad cuyo potencial destructivo es extremadamente elevado. Esto obliga a una nueva perspectiva de los sistemas de salud pública en este milenio. Se requiere del establecimiento de sistemas de vigilancia epidemiológica que proporcionen información en tiempo real y de una intensa educación del personal de salud y de la población general. La identificación de posibles brotes de enfermedades infecciosas y el desarrollo de planes de emergencia para el aislamiento, prevención de la diseminación y tratamiento de los casos constituyen medidas importantes de prevención secundaria.

A pesar de que la mayoría de los actos de bioterrorismo son ocasionados por motivos políticos, la comunidad científica y el personal médico y de salud pública juega un papel fundamental. La Educación es la clave para la defensa contra el bioterrorismo, Los programas de educación deberán ser continuos para mantener la vigencia de los conocimientos y las acciones. En México se ha creado la Comisión Interinstitucional para la Protección de la Salud ante el Uso de Armas Biológicas, cuyo principal objetivo es reforzar la vigilancia epidemiológica, mejorar el diagnóstico y la atención oportuna, así como fortalecer los sistemas de información y coordinación. Esta comisión está constituida por un grupo de trabajo formado por la Secretaría de Salud, la Secretaría de Gobernación (incluyendo la Dirección de Protección Civil y el Centro de Inteligencia de Seguridad Nacional) la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (a través del Servicio Postal Mexicano), la Secretaría de Seguridad y Protección (mediante la Policía Federal Preventiva), la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Procuraduría General de la República, el Sistema Nacional de Salud en su conjunto, la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Politécnico Nacional¹.

La Organización Mundial de la Salud publicó una lista de los agentes que debemos reconocer como potenciales agentes de bioterrorismo, entre ellos encontramos: *Bacillus anthracis*, *Yersinia pestis*, *Francisella tularensis*, *Brucella spp.*, *Burkholderia spp.*, *Mycoplasma spp.*, *Coxiella burnetii*, Fiebre Q, Encefalitis equinas —venezolana, del este y del oeste—, Virus de las fiebres hemorrágicas, Viruela y *Clostridium botulinum*. A partir de esta lista, Imagen Veterinaria presenta varios trabajos, donde especialistas de nuestra Facultad, hacen una revisión de los cuadros clínicos, métodos de diagnóstico y los tratamientos para las enfermedades producidas por los principales microorganismos que se pueden utilizar con estos fines. Asimismo, ofrecemos un artículo sobre el Virus del Nilo Occidental, un problema emergente. Por otra parte, retomamos los tópicos relacionados con la Genética, tanto las nuevas técnicas moleculares, como los métodos tradicionales. Todo esto, con la finalidad de brindar a nuestros lectores información fidedigna de temas polémicos relacionados con las ciencias veterinarias.

Y en vísperas de la celebración de 150 años de educación veterinaria en México, incluimos un documento sobre las primeras estaciones agrícolas en nuestro país.



Laura Elena Hernández Diosdado

¹ Fuente: Secretaría de Salud. Subsecretaría de Prevención y Protección de la Salud. Dirección General de Epidemiología. Lineamientos para la vigilancia, prevención, control, toma y manejo de muestras de laboratorio de enfermedades asociadas a riesgos biológicos. México, D.F.: SSA, 2001.

Directora técnica y editora
Laura Elena Hernández Diosdado

Presidenta del Comité Editorial
Norma Silvia Pérez Gallardo

Coordinadora editorial
Alicia Elena Olivera Ayub

Asistencia editorial
Elena Ramos Juárez, Ana Lilia Enríquez Díaz

Corrección de estilo
Rodrigo Rocha Ruiz, Moisés Villaseñor Talavera

Comité Editorial
Adriana Correa Benítez, Ernesto Guzmán Novoa, Germán Muñoz Córdova, Fernando Constantino Casas, Mario Garduño Lugo, Carlos García Alcaraz, Miguel Ángel Sierra Bernal, Marco A. Herradora Lozano, Rafael Olea Pérez, Ma. Pilar Castañeda Serrano, Bernardo Lozano Dubernard, José A. Quintana López, Eduardo Posadas Manzano, Arturo Olguín y Bernal, Joel Hernández Cerón, Aldo Alberti Navarro, Alicia Soberón Mobarak, Alfredo Cortés Arcos, Miguel A. Martínez Castillo, Eduardo Tena Betancurt, Ramiro Calderón Villa, León Ramírez López, Carlos Aceves Rubio, Carlos Godínez Reyes, Ma. de los Angeles Roa Riol, Rafael Cuadros, Luis Palazuelos Platas, Jesús Estudillo López, Jorge A. Alvarez León, Rosa Berta Angulo Mejorada, Antonio Ortiz Hernández, Raúl Armendáriz Félix, Eduardo Téllez Reyes Retana, Graciela Tapia Pérez, Santiago Aja Guardiola, Miguel Ángel Márquez, Octavio Villanueva, Luis Fernández Zorrilla, Jorge Ávila García, Carlos López Gómez, Germán Valero Elizondo, Ernesto Ávila González, Luis, Núñez Ochoa, Asaad Heneidi Zeckua, Alberto Parás

Colaboración especial
J. Manuel Berruecos Villalobos
Francisco Suárez Güemes

Diseño
Enrique Basurto Argueta

Formación
Alma Angélica Chávez Rodríguez

Ilustración
Alejandra Gutiérrez Martínez

Fotografía
Carlos González Flores

Diseño de portada
Rosalinda Meza Contreras, Firely Avril Braulio Ortiz, Enrique Basurto Argueta

Distribución
Edgar R. Mendoza Ruiz

Asistente
José Ismael Cosío Guzmán

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Dr. JUAN RAMÓN DE LA FUENTE
Rector

Lic. ENRIQUE DEL VAL BLANCO
Secretario General

Dra. ARCELIA QUINTANA ADRIANO
Abogada General

Dr. JOSÉ NARRO ROBLES
**Coordinador General
de la Reforma Universitaria**

Lic. NÉSTOR MARTÍNEZ CRISTO
**Director General
de Comunicación Social**



**IMAGEN
Veterinaria**



Índice

Editorial.....	1
Las estaciones agrícolas en México. San Jacinto, primer intento de investigación agropecuaria	3
Juan Manuel Cervantes Sánchez, Ana María Román de Carlos	
¿Es posible el bioterrorismo en México?	8
José Germán Rodríguez Torres, Jorge Francisco Monroy López	
Ántrax	14
Inda Marcela Figueroa Ochoa	
¿ <i>Burkholderia mallei</i> y <i>Burkholderia pseudomallei</i> son agentes potenciales para el terrorismo biológico?	18
Lirio Ixtlaxóchitl Calderón Gómez	
Los miembros del género <i>Clostridium</i> , la mejor o peor arma para el bioterrorismo	22
Roberto Arnulfo Cervantes Olivares	
<i>Brucella</i> y el bioterrorismo	26
Daniel Martínez Gómez, Héctor Sandoval Monroy	
¿ <i>Mycoplasma spp.</i> considerado como patógeno bioterrorista?	30
Elsa Teresita Méndez Olvera	
El virus del Nilo Occidental, un problema emergente	33
Juan Antonio Montaña Hirose	
La estructuración participativa de bases de datos en evaluaciones genéticas: el caso del borrego Chiapas	38
Hilda Castro Gámez, Raúl Perezgrovas Garza, Guadalupe Rodríguez Galván, Lourdes Zaragoza Martínez	
Alimentos genéticamente modificados	46
Luis Corona Gochi, Sergio Ángeles Campos	

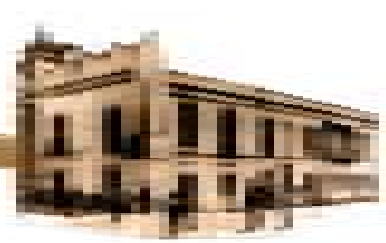
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Dr. LUIS ALBERTO ZARCO QUINTERO
Director

Dr. JORGE CÁRDENAS LARA
Secretario General

MVZ MPA ALBERTO BALCÁZAR S.
Secretario de Comunicación

IMAGEN Veterinaria, de aparición trimestral, es publicada por la Secretaría de Comunicación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Av. Universidad 3000, Ciudad Universitaria, CP 04510, Coyoacán, DF, México. Volumen 2, Año 2, Número 1. Editora responsable: Laura Elena Hernández Diosdado. Distribuida por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Certificado de licitud de título 11043. Certificado de contenido 7679. Certificado de reserva al uso exclusivo del título con número de reserva 04-2000-032213591200-102 otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, SEP. Registro de ISSN 1405-9002. Franqueo en trámite ante SEPOMEX. El contenido de los artículos es responsabilidad del autor.



Juan Manuel Cervantes Sánchez

Médico Veterinario Zootecnista egresado de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en 1979. Actualmente, es profesor titular "A" de tiempo completo, adscrito al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ de la UNAM.

Maestro en Ciencias Agrícolas por el Colegio de Postgraduados en 1982. Doctor en Ciencias Pecuarías por la Universidad de Colima, 1999. Secretario de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, A.C. Secretario Tesorero de la Sociedad Mexicana de Historia de la Medicina Veterinaria y Zootecnia, A.C. Asimismo, ha presentado trabajos sobre historia de la Medicina Veterinaria en Brasil, Cuba, España y México. Además, ha escrito algunos capítulos en diversos libros sobre el tema.

Las estaciones agrícolas en México. San Jacinto, primer intento de investigación agropecuaria

Ana María Román de Carlos¹

INTRODUCCIÓN

A principios del siglo XX, la plata —principal exportación mexicana— disminuyó su precio a la mitad. Porfirio Díaz y su gobierno buscaron opciones para financiar la economía; después de hacer diferentes evaluaciones, determinaron que la agricultura de exportación sería el sector que cubriría los faltantes. Para ello, se siguió el esquema de la escuela agrícola francesa: escuela, estación agrícola, revista de divulgación y sindicato agrícola. Aunque se atendieron con énfasis a los tres primeros, se descuidó el último.

Después de la recomendación que expertos italianos hicieron a la Secretaría de Fomento, las estaciones agrícolas se encargaron de adoptar tecnología extranjera para apoyar a los ganaderos que exportaban a Estados Unidos. Así, las estaciones mexicanas difundieron la escuela zootécnica y la medicina veterinaria francesa, la bromatología alemana, la tecnología de las praderas artificiales y la de la conservación de granos y forrajes. Sin temor a equivocarnos, podemos decir que las estaciones agrícolas experimentales mexicanas, además de introducir tecnología agropecuaria, fueron el reservorio donde se conservó el acervo científico durante la revolución mexicana.

Durante el porfiriato, hubo mucha actividad: se importaron animales (180,000 bovinos, 40,000 cerdos, además de ovinos, caprinos, avestruces, gallinas, abejas y peces), insumos (fertilizantes e insecticidas), lácteos, cárnicos, vinos, conservas, perfumes, maquinaria (ordeñadoras, tractores de vapor, equipo de riego, papalotes, cañones contra el granizo, etcétera), medicamentos (arsenicales, vacunas), forrajes y composiciones alimenticias (heno, silos, conservas, praderas artificiales), técnicas agrícolas (cultivo sin

¹ Biblioteca MV José de la Luz Gómez, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.

tierra, cultivo de secano, electrocultivo), especies vegetales y granos (maíz, trigo, avena), forestales (eucaliptos), textiles (lino, ramie, algodón, henequén), ornamentales (rosas, crisantemos), verduras (rábanos, cebollas, zanahorias, lechugas), otros forrajes (*rye grass*, alfalfa, guinea, pará, sorgo, *kafir*), medicinales (coca), frutales (limón, naranjo, cerezo, manzano); sin embargo, la cantidad de agrónomos y veterinarios era escasa de acuerdo con la demanda.

Durante este tiempo, se acentuó el contraste entre la agricultura tradicional—que no poseía ni técnicas ni capital, y que se dedicaba a la producción de alimentos para el consumo interno, el cual ocupaba a casi todos los pequeños agricultores— y la agricultura comercial—que explotaba cultivos y plantaciones, y contaba con mercado exterior. En éste se incluía a los grandes hacendados y latifundistas, que tenían abundantes recursos y avanzada tecnología—.

Luego de un proceso de restricciones presupuestales, en 1906, el gobierno porfirista plantea reformas y toma el sector agropecuario como ‘punta de lanza’. Durante una gira de Porfirio Díaz en Yucatán, invitó al gobernador Olegario Molina a colaborar con él. De esta manera, Molina, al incorporarse como ministro de Fomento en 1907, consideró que la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria tenía que ser la piedra angular de la política agraria; en su gestión se dio a la tarea de reorganizar la escuela para darle, si no literalmente la vida, sí la notoriedad. Para conseguirlo mandó profesores a Europa a observar los métodos de enseñanza agrícola y a contratar expertos extranjeros.



Entrada principal de la Escuela Nal. de Agricultura y a la Estación Agrícola Central San Jacinto, 1912

LA ESTACIÓN AGRÍCOLA CENTRAL DE SAN JACINTO

En 1908, se fundaron las estaciones experimentales agrícolas, impulsadas por el Ministerio de Fomento; la primera fue la del Instituto de Investigaciones, adjunta a la Escuela Nacional de Agricultura y

Veterinaria, en la ciudad de México. En San Luis Potosí se estableció la Estación Experimental de Río Verde, donde se cultivaba avena, cebada, tabaco, algodón, legumbres, forrajes y caña de azúcar con el empleo de sistemas modernos de cultivo. Se fundaron otras estaciones en Oaxaca y Yucatán, en 1908, la de Ciudad Juárez, adjunta a la Escuela Particular de Agricultura, y en 1910, las de Tabasco y Sinaloa.

En 1909, el personal de la Estación Agrícola Central estaba conformado por Narciso Armenta, profesor de dibujo natural; Gabriel Gómez, jefe de la División de Agricultura; Andrés Basurto, subjefe; Gabriel Ruíz Valencia, agregado; León Fourton, subjefe de la División de Química e Historia Natural; Ignacio Vázquez, subjefe de la división de Veterinaria y Zootecnia; Alberto Toth, agregado; Ignacio L. Meza, aspirante; Juan E. Contreras, subjefe de la División de Ingeniería Rural; Teodoro B. Rojas, auxiliar. Todos ellos dirigidos, como se dijo, por el ingeniero Rómulo Escobar, quien en 1909, publicó un folleto intitulado *La instrucción agrícola en México*.

La división de veterinaria estaba formada por los médicos Eutimio López Vallejo, jefe, y sus colaboradores Emilio Fernández, Francisco López Vallejo, Carlos Macías, José G. Cavazos, Arturo Matute y José E. Zapata. En esta división, se producían biológicos de uso veterinario y se realizaban pruebas rutinarias de diagnóstico. Algunas investigaciones se



enfocaron en el “derrengado”, en el ganado bovino de Colima; en el estudio de la hierba en equinos del sureste, y en la confirmación de estudios sobre piroplasmosis bovina; además contribuyó al conocimiento de enfermedades del ganado ovino.

La sección de veterinaria desempeñaba las siguientes funciones:

- Diagnóstico: pruebas de tuberculina y maleína
- Sueroterapia: toxina diftérica, suero antidiftérico, toxina tetánica y suero antitetánico
- Elaboración de vacunas contra la fiebre bubónica, el carbón sintomático, la peste bovina, la piroplasmosis, el cólera de las gallinas, la pneumonía contagiosa del cerdo, el mal rojo del cerdo
- Análisis bacteriológicos de aguas, suelos y aire

La División de Horticultura, a cargo de Mario Calvino en 1913, desarrollaba las siguientes actividades:

- Investigación en plantas forrajeras
- Investigación en gramíneas
- Investigación en cereales
- Investigación de leguminosas de grano
- Investigación en hortalizas
- Investigación de floricultura y jardinería
- Investigación en arboricultura
- Investigaciones relacionadas con la fertilización del suelo

El ritmo de las actividades de la Estación Central disminuyó drásticamente hasta que se suspendió en 1914, pero reinició labores tres años después. El doctor López Vallejo cuenta que “durante los años de 1915 a 1916 se paralizaron todos los trabajos científicos en vista de los acontecimientos revolucionarios que se habían desarrollado en casi todos los



División Veterinaria, Estación Agrícola Central de San Jacinto, 1912

estados de la República, pero por fortuna, al principiar 1917, las autoridades de algunos lugares del país dejaron a los hombres de buena voluntad entregarse a sus arduas labores de estudio e investigaciones en bien de la salud y riqueza pecuaria de México”.

Las estaciones agrícolas experimentales cumplieron una labor importante de difusión de diversas áreas del sector agropecuario: agricultura, veterinaria y zootecnia; sin embargo, su labor se vio interrumpida al ser clausuradas. En 1917, sólo se reabrieron tres, pero se inicia una segunda etapa en que se reeditaron documentos publicados entre 1911 y 1914. Se observó el mismo fenómeno de involución que sufrió nuestra ganadería y que repercutió en las estaciones agrícolas, por lo que la producción original fue escasa.

Además de la publicación y distribución de 75 folletos que la Estación Agrícola Central de San Jacinto editó entre 1908 y 1914, el personal técnico de las estaciones proporcionó algunos resultados en diversas revistas; por ejemplo, entre 1908 y 1910 aparecieron varios artículos en el Boletín de la Sociedad Agrícola Mexicana. Ya en 1911, las estaciones tendrían su órgano de difusión: el Boletín de la Dirección General de Agricultura, el cual siguió editándose aún cuando las estaciones agrícolas se clausuraron de 1915 a 1916, gracias al ingeniero Matías Romero, quien escribió durante los números correspondientes. En abril de 1917, este Boletín se suprime y, en su lugar, se edita la Revista Agrícola, que perduró hasta 1921.

A partir de 1917, la Estación Agrícola Central de San Jacinto sufrió una serie de circunstancias que no le permitieron tener continuidad. Por un lado, en 1915,

se crea la Dirección de Exploración Biológica, dirigida por el naturalista Alfonso L. Herrera, célebre e influyente personaje que en 1900 creó la Comisión de Parasitología y en 1907 planeaba convertirlo en Instituto de Parasitología Agrícola; no obstante, en su camino apareció



Laboratorio de Bacteriología, División Veterinaria, Estación Agrícola Central de San Jacinto, 1912.

Olegario Molina, quien promovió el establecimiento de las Estaciones Agrícolas Experimentales. En 1915, Herrera es diputado, y plantea el proyecto de la Dirección de Exploración Biológica, que se funda ese mismo año.

En 1916, la Secretaría de Fomento se reestructura. Se abre la Escuela Nacional de Veterinaria (independiente de la de Agricultura). En 1917, se reabren las estaciones experimentales de Río Verde, Oaxaca y Tabasco. La Estación Central se reconstruye y queda bajo la dependencia de la Dirección General de Agricultura, con el objetivo de hacerle frente académico a la Dirección de Exploración Biológica. Pero, desafortunadamente, se inicia el desmantelamiento de las estaciones agrícolas experimentales, de tal forma que, en 1921 son definitivamente clausuradas. No todo fue pérdida, ya que el equipo y el personal de la división de veterinaria de la Estación Agrícola Central de San Jacinto se envió a la Escuela Nacional de Medicina Veterinaria. Así, se fundó el Instituto de Medicina Veterinaria en 1924, bajo la dirección del doctor Javier Escalona y Herrerías, con el objetivo de elaborar vacunas y sueros para uso animal. En 1934, por reestructuración pasó al auspicio del Instituto Biotécnico, bastión de la agricultura cardenista.

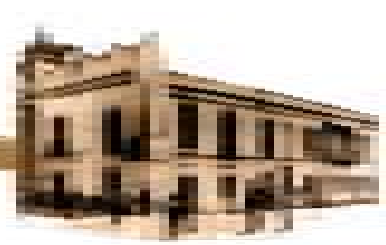
Las estaciones agrícolas formaron a un grupo de veterinarios que tendrían el liderazgo del gremio

veterinario entre 1912 y 1940. A él pertenecían Elías G. Guzmán, Eutimio López Vallejo, Ramón Pantoja, José E. Zapata, Emilio Fernández, Francisco López Vallejo, José Figueroa Balvanera, Antonio Martínez Barragán y Daniel Ortiz Berúmen. Los cuatro primeros influyeron en el gremio veterinario

por haber sido directores de la Escuela Nacional de Medicina Veterinaria, mientras que Figueroa, Martínez Barragán y Ortiz Berúmen formaron, en 1930, un grupo denominado “los economistas zootécnicos”, quienes mantendrían su hegemonía hasta 1946, cuando se presentan brotes de fiebre aftosa en México.

Uno de los factores más importantes de la concepción, fundación y desarrollo de las estaciones agrícolas experimentales fue el grupo de extranjeros, pues ellos desarrollaron investigaciones pioneras de la agricultura mexicana. Eran expertos en diferentes áreas:

- Mario Calvino, agrónomo italiano, experto en horticultura, fue nombrado jefe de la División de Horticultura de la Estación Central en 1912. Desarrolló numerosos trabajos, como la investigación en plantas forrajeras, en gramíneas, en cereales, en leguminosas de grano, en floricultura, jardinería y arboricultura, en fertilización.
- Giovanni Rossi, agrónomo italiano, experto en forrajes, trabajó a partir de 1911 en la Estación Central, donde realizó experimentos en cultivos forrajeros. En 1912, escribe artículos en el Boletín de la Dirección General de Agricultura, sobre un tema curioso: la técnica del electrocultivo, forma de producción vegetal cuya variante es la electricidad; según evidencias, dicho método se probó con éxito



en la Hacienda de Pathé, en el estado de México. Años más tarde escribió artículos acerca de la técnica del ensilaje de forrajes, en la Revista Agrícola (1920).

- León Fourton, agrónomo francés, experto en química agrícola, trabajó en la Estación Central, fue jefe de la División de Química, en 1910. Ahí, hizo los primeros análisis de suelos, de agua, de alimentos y de aire. En 1913, escribe artículos (en el mismo Boletín) para mostrar su experiencia en la investigación de la caña de azúcar de Ayotla, El Puente y San Nicolás, en los estados de Morelos y Guerrero. Su laboratorio fue destruido durante la revolución, en 1915, dos años después se reconstruyó y se le asignó a la Dirección General de Agricultura.
- Silvino Bonansea, agrónomo italiano, experto en ganadería. Fue quizá el personaje extranjero que más influyó para el establecimiento de las estaciones agrícolas experimentales. Desde 1902, publicó en el Boletín de la Sociedad Agrícola Mexicana artículos acerca de las estaciones. Con el tiempo, esos escritos sirvieron como lineamientos básicos para su establecimiento.
- Franz Hiti, agrónomo francés, estuvo asignado a la Estación Central desde 1908, donde trabajó en el área de Química Agrícola, sus trabajos aparecen en el Boletín de la Dirección General de Agricultura hasta 1912.
- A este selecto grupo extranjero deben añadirse otros nombres: Alberto Toth, agregado en el área



Envasando vacuna anticarbuncosa

de zootecnia de la Estación Central, quien hizo varios estudios sobre forrajes. Danés Cassabosch, quien escribió artículos del área de zootecnia.

Todo este grupo desarrolló investigaciones en las que se puede observar que eran profesionales experimentados y que, durante su

permanencia en las estaciones, adoptaban técnicas, equipo, animales y plantas del extranjero, pero además reconocían que en México había materiales con potencial productivo, como el algodón de enredadera indígena. Si seguimos estas líneas de pensamiento, podemos decir que las estaciones agrícolas mexicanas fueron un verdadero laboratorio de experimentación agropecuaria.

LITERATURA RECOMENDADA

- Bazant, M. La enseñanza agrícola en México, prioridad gubernamental e indiferencia social (1853-1910). En: Historia Mexicana. México: El Colegio de México, 1983.
- Secretaría de Fomento. Boletín de la Dirección General de Agricultura. Secretaría de Fomento. 1911-1917.
- Calvino M. Informe de la división de horticultura relativo al año 1913. México: Imprenta y Fototipia de la Secretaría de Fomento, 1914.
- Cervantes, SJM. Evolución del conocimiento sobre los sistemas de alimentación en la producción animal bovina en la cuenca de México (tesis de doctorado en ciencias pecuarias). Colima (Colima) México: Universidad de Colima, 1999.
- Cervantes, SJM, Román CAM. Índice de los folletos editados por las Estaciones Agrícolas Experimentales Mexicanas durante el Porfiriato. México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 1999.
- Fernández, FR. Chapingo hace 50 años. Chapingo: Colegio de Postgraduados, 1991.
- López, VE. Ligeros apuntes sobre técnica bacteriológica. México: Imprenta y Fototipia de la Secretaría de Fomento, 1912.

¿Es posible el bioterrorismo en México?



José Germán Rodríguez Torres

Médico Veterinario por la Universidad Central de Venezuela. De 1965 a 1972 fue funcionario del Ministerio de Agricultura y Cría de ese país; donde ocupó los cargos de veterinario regional, director de la Estación de Cuarentena y jefe del Departamento de Defensa Sanitaria. Fue asesor del Centro Panamericano de Zoonosis de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Organización Mundial de la Salud (OMS). Ha cumplido iguales funciones en la frontera México-Estados Unidos, en El Paso, Texas; a continuación, colaboró, con los mismos organismos, en la salud pública veterinaria en México y en el Caribe de habla inglesa, con sede en Jamaica. Actualmente, es Asesor Temporario de la OPS para México. Ha publicado trabajos técnicos en los temas de planificación, prevención, control y erradicación de zoonosis, fiebre aftosa y enfermedades vesiculares, principalmente.

Correo electrónico: jgrodor@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Desde la Guerra del Golfo Pérsico, ocurrida hace más de una década, hasta los recientes atentados en los Estados Unidos, la humanidad ha estado conciente de la eminente amenaza que representan las armas biológicas y la susceptibilidad que muestra la civilización occidental hacia el bioterrorismo. Por éste, se entiende el uso de agentes biológicos (o sus toxinas, generalmente letales), utilizadas para afectar la salud de las

personas, los animales o las plantas e, incluso, causarles la muerte.

Estos agentes biológicos, mucho más letales que los químicos, suelen ser difíciles de diagnosticar, pues no ocurren de manera natural, tienen cuadros clínicos similares a los causados por otras enfermedades y requieren de un periodo de incubación (24 horas a seis semanas) para que causen efecto. De ahí, la importancia de que los profesionales de la salud y las autoridades estén al tanto del peligro que representan estas armas y del bioterrorismo en sí, a fin de minimizar sus efectos.

Existe una serie de prejuicios frecuentes en torno al uso de las armas biológicas, entre ellos: el hecho de que nunca antes se habían empleado, que existen limitaciones morales para su utilización y que su producción es costosa y difícil. En realidad, su uso es mucho más sencillo y efectivo que el de las armas convencionales: las acciones oficiales para evitarlas son pocas, los agentes son fáciles de obtener (baratos) y, dado que se trata de agentes microscópicos, su detección suele ser complicada. Sin embargo, su desarrollo, producción y uso en forma masiva, tiene grandes dificultades, pues requiere de conocimiento sofisticado y gran cantidad de recursos.



Jorge Francisco Monroy López

Médico veterinario zootecnista y maestro en Ciencias Veterinarias egresado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Profesor asociado «B» de tiempo completo de la FMVZ. Imparte, a nivel licenciatura, las asignaturas de Ecología, Epidemiología, Medicina Preventiva y Salud Pública, y Aseguramiento de la Calidad de los Productos y Subproductos Pecuarios y ha impartido Epidemiología Veterinaria en posgrado. Actualmente, es corresponsable del Proyecto de Desarrollo de la Infraestructura del Posgrado del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la FMVZ y Secretario Académico de posgrado de la misma facultad.

Es socio fundador de la Asociación Mexicana de Epidemiología Veterinaria y en la actualidad es integrante del comité científico. Autor de 27 artículos, notas, comunicaciones y resúmenes de trabajos científicos en memorias de cursos, congresos y reuniones, así como en revistas con arbitradas y de difusión. Ha dictado 66 pláticas y conferencias, y ha coordinado 16 eventos científicos en diversos cursos y reuniones sobre sus áreas de especialidad. Es miembro del Comité de Vigilancia Epidemiológica y del Grupo de Trabajo sobre Legislación Veterinaria del Consejo Técnico Consultivo Nacional de Sanidad Animal de la Sagarpa.

Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, D.F., C.P. 04510. Teléfonos: 5622-5854 al 57, Fax: 5616-2342.

Correo electrónico: jfml@servidor.unam.mx.



HISTORIA

Desde el siglo V antes de nuestra era, los griegos contaminaban las fuentes de agua de sus enemigos con animales en descomposición y envenenaban sus flechas introduciéndolas en heces y cadáveres. Los tártaros del siglo XIV lanzaron los cadáveres de personas muertas por peste (*Yersinia pestis*) sobre las murallas de la sitiada ciudad de Kaffa (actualmente Feodosia en Crimea). La epidemia causada provocó la muerte del 30 por ciento de la población europea. En 1763, los oficiales británicos regalaban mantas contaminadas con viruela a los indios americanos, y en 1860, durante la guerra civil norteamericana, algunos médicos confederados distribuían ropa contaminada con fiebre amarilla. Para el pasado siglo XX, durante la Primera Guerra Mundial, los alemanes usaron *Bacillus anthracis* (causante del ántrax) y *Burkholderia mallei* (causante del muermo) para infectar el ganado y contaminar el alimento de animales que iba a ser exportado a los países aliados.

Entre 1932 y 1945, Japón realizó investigaciones con *B. anthracis*, *Neisseria meningitidis*, *Shigella* spp., *Vibrio cholera* y *Yersinia pestis* para usarlos como armas biológicas, mientras que los nazis experimentaban con sus presos infectándolos con *Rickettsia* spp. (virus de hepatitis A) y *Plasmodium* spp.; uno de sus agentes secretos murió asesinado con toxina botulínica. En 1942, Gran Bretaña desarrolló un plan estratégico contra un posible ataque con ántrax, y los EEUU elaboraron 5,000 bombas cargadas con *B. anthracis* como parte de un programa para desarrollar armas biológicas, el cual se expandió durante la guerra de Corea en los años cincuenta. Éste incluía experimentos con humanos, con agentes como *Francisella tularensis* y *Coxiella burnetti*, así como simulacros de organismos liberados en la costa de San Francisco y en el metro de Nueva York. Dicho programa concluyó en 1969, y en 1972, se hizo una Convención Internacional en que se prohibió el uso de armas biológicas. No obstante lo anterior,

para 1995, los gobiernos de 17 países eran considerados sospechosos de poseer armas biológicas. En restaurantes de Oregon, en 1984, los miembros de un culto religioso contaminaron barras de ensaladas con *Salmonella* spp. En Japón, en 1995, hallaron a miembros de un culto con posesión de toxina botulínica, cultivos de ántrax y virus del Ébola. En ese mismo año un técnico de un laboratorio de Ohio envió frascos con *Yersinia pestis* por correo.

En México, no existe información oficial sobre el uso de ninguno de los agentes mencionados con fines terroristas, ni tampoco se considera que exista la amenaza de su ocurrencia. Los antecedentes sobre armas biológicas en nuestro país pueden remontarse a la época de la conquista, cuando los españoles introdujeron enfermedades como el sarampión y la viruela que diezmaron a la población nativa y allanaron el camino para su derrota; aunque no lo hicieron de manera consciente y voluntaria, y por ello no puede hablarse de una guerra biológica. No obstante, lo ocurrido puede servir como modelo del impacto en la salud que causa una enfermedad nueva sobre una población susceptible.

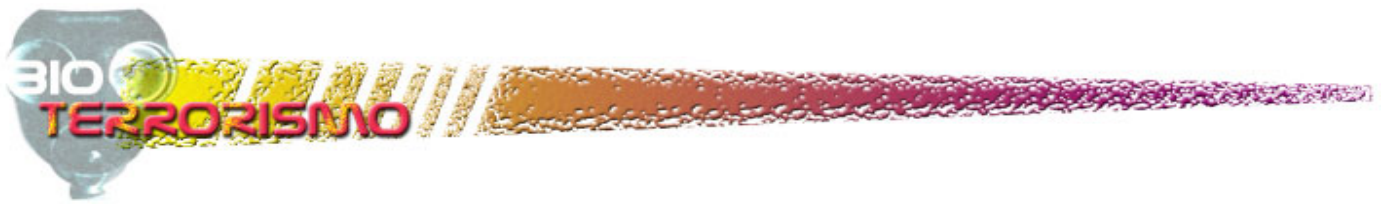
Como ejercicio académico, vale la pena analizar la hipótesis e intentar medir su posible impacto en la salud pública.

DESARROLLO

En teoría, una gran cantidad de agentes biológicos podrían manipularse para usarlos como armas, pero las dificultades que presentan para ser efectivos reducen su número. Como ya se dijo, afectan a individuos pero difícilmente pueden afectar a gran cantidad de personas (con la excepción de los que se pueden transmitir persona-persona, como la viruela, peste y tularemia); por tanto, los agentes químicos son los más perjudiciales.

Veamos algunos de los agentes señalados como posibles armas biológicas:

Viruela. Es la primera enfermedad oficialmente (en 1980) erradicada del planeta (el último caso ocurrió en Somalia en



1977). Se estima que en la actualidad sólo tiene inmunidad contra ella el 15 por ciento de la población mundial. Curiosamente, están más protegidos los habitantes de los países subdesarrollados, que fueron los últimos donde la enfermedad se presentó y fueron también los últimos en donde se vacunó.

Aún existen virus viables de esta enfermedad, éstos están en poder de los gobiernos americano y ruso, y aunque se sospecha que algunos países asiáticos podrían haber adquirido cepas durante la caída de la Unión Soviética, esto no ha podido comprobarse.

No hay tratamiento, pero se pueden desarrollar vacunas, inclusive existen algunos millones de ellas almacenadas como previsión de posibles brotes.

Ántrax. Su agente es *Bacillus anthracis*; es una enfermedad endémica en nuestro país, nuestras vacas la padecen y la controlan normalmente veterinarios y ganaderos aplicando una vacuna que se encuentra en el mercado para su venta libre.

Se trata de una enfermedad ocupacional de veterinarios, ganaderos, carniceros y todo personal que esté en contacto con los animales y sus productos. No ha representado jamás para la población abierta ningún riesgo significativo. Su presentación más común, la cutánea, no suele ser mortal, en tanto que la temible forma respiratoria, que se manifiesta como un cuadro neumónico, requiere la aspiración de tantas esporas que, salvo las actividades de riesgo mencionadas, sólo podría presentarse en personas que aspiraran gran cantidad de polvo, díganos, como en el caso de los adictos a la cocaína.

Es importante realizar un diagnóstico diferencial con tularemia, peste, difteria cutánea, estafilococosis e infecciones rickettsiales, pues dependiendo de la oportunidad del diagnóstico es posible tratarla exitosamente.

Peste. Causada por *Yersinia pestis* y la transmiten, en principio, los roedores. Es una enfermedad que se presenta y disemina fácilmente en condiciones de hacinamiento, suciedad y poca higiene.

Se puede limitar durante sus primeras etapas si se controla la población de roedores; pero una vez que ha atacado al humano, la transmisión puede ser directa por medio de aerosoles, por lo que su control se dificulta entre humanos.

Es una enfermedad que se puede tratar con estreptomycin, tetraciclina, cloranfenicol, gentamicina o doxiciclina, aunque su presentación neumónica siempre es fatal si no se trata en las primeras 24 horas posteriores a la aparición de los signos.

Hay vacuna contra la peste bubónica, pero es poco eficaz contra la forma neumónica.

Fiebre Q. Es una zoonosis febril causada por *Coxiella burnetti*, una *rickettsia* intracelular que produce una pseudoespora que resiste el calor y la deshidratación. Es similar al ántrax en infectividad y morbilidad, y rara vez fatal. Sus signos clínicos son: escalofríos, jaquecas, diaforesis, fatiga y anorexia, hepatomegalia, esplenomegalia e ictericia.

Para el diagnóstico se usan pruebas serológicas, y hallazgos de laboratorio como anemia ligera o trombocitopenia.

Se trata con tetraciclinas y macrólidos, y, de forma experimental, en los EEUU se han desarrollado vacunas.

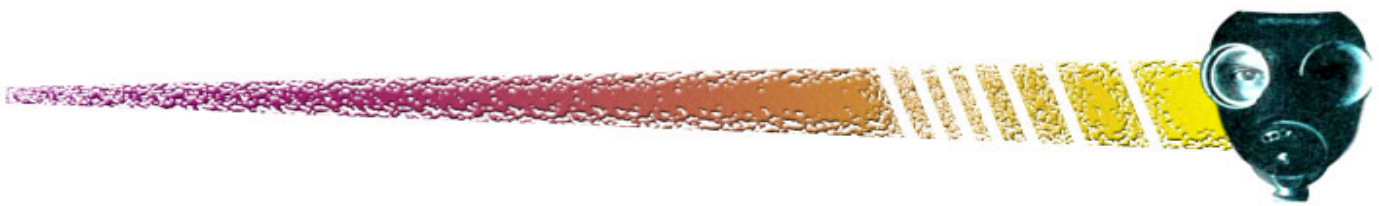
Tularemia. Es una zoonosis causada por *Francisella tularensis*, que es un cocobacilo aeróbico Gram negativo. También la llaman fiebre de los conejos y fiebre de la mosca del venado; la exposición por vía respiratoria puede causar tularemia tifoidea.

Permanece viable por semanas, a temperatura ambiente. Si se congela el agente puede durar años. En humanos se presenta en dos formas: la ulceroglandular y la tifoidea.

Si no se atiende en forma oportuna, puede ser letal en uno de cada tres casos. Su diagnóstico es difícil con base en los signos, pero se puede hacer a partir de cultivo y serología. Es posible tratarla con estreptomycin y gentamicina.

La transmisión humano-humano es poco usual. Sólo hay vacunas en etapa de investigación.

Encefalitis virales. Son un grupo de enfermedades causadas por un virus del género *Alphavirus* de la familia



Togaviridae, que incluye a los causantes de tres encefalitis equinas: venezolana, del este y del oeste.

Son padecimientos altamente contagiosos por aerosol, que pueden producirse en grandes cantidades, en forma barata y con un producto muy estable para su almacenamiento. Produce fácilmente infección incapacitante o letal y puede ser manipulada genéticamente.

La mayoría de las infecciones se presentan en forma sistémica. Los síndromes febriles virales consisten en jaqueca, fiebre y mialgias. Si progresa, provoca confusión, disfagia, ataques, paresia, ataxia, mioclonía y parálisis de los nervios craneales.

La encefalitis equina del este es la más severa, con tasas de letalidad del 50 al 75 por ciento, y el 30 por ciento de los sobrevivientes con secuelas nerviosas.

El diagnóstico se realiza por aislamiento del virus o por serología. No hay tratamiento, aunque existen vacunas.

En nuestro país se erradicó la encefalitis equina venezolana en los años setenta, después de un brote de origen extraño que comenzó en el sureste del país, mediante vacunación de animales susceptibles, diagnóstico y eliminación de equinos infectados. El papel del mosquito como vector es fundamental para entender la epidemiología de la enfermedad, por lo que su control es un elemento necesario para el diseño de campañas de prevención.

Fiebres hemorrágicas virales. Éstas forman el grupo más importante de enfermedades emergentes en el mundo. Son causadas por variedades de virus RNA, que se presentan con cuadros febriles agudos caracterizados por malestar, postración y signos generalizados de permeabilidad vascular.

Son virus altamente infecciosos, transmitidos por aerosol, con morbilidad y letalidad altas. Entre ellos se encuentran la fiebre *Lassa*, la fiebre amarilla, el *hantavirus*, la enfermedad de Marburg y el Ébola, este último con tasas de letalidad del 53 al 92 por ciento.

Su presentación comúnmente incluye congestión de la conjuntiva, hipotensión y hemorragias petequiales

generalizadas. Puede haber choque y hemorragia de las membranas mucosas, y afecta los sistemas nervioso, hematopoyético y respiratorio.

Se diagnostican por medio de radio inmuno ensayo ligado a enzimas (ELISA) o por reacción en cadena de la polimerasa (RCP), seguidos de cultivo celular e identificación inmunológica.

Se reportan tratamientos exitosos con rивавиринa y terapia de anticuerpos. Existen algunas vacunas.

TOXINAS BIOLÓGICAS.

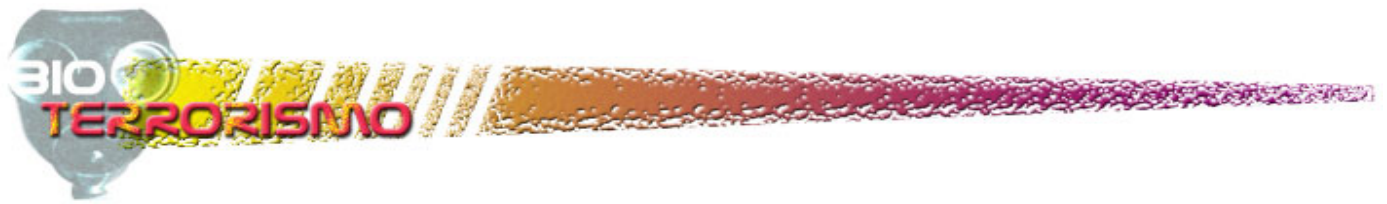
Botulismo. De gran riesgo como arma biológica por su extrema potencia y letalidad. La toxina botulínica es la sustancia activa más conocida. Actúa en quienes la han ingerido, pues inhibe la liberación del neurotransmisor acetilcolina, en las terminaciones nerviosas y causa posteriormente, una parálisis muscular.

El periodo de incubación varía de dos horas a ocho días, de acuerdo con la dosis, con un promedio de 12 a 72 horas después de la ingestión. Los pacientes pueden generalmente presentar dificultad para hablar y deglutir, visión borrosa; sin fiebre. Los primeros síntomas son: diarrea, náusea y vómito; posteriormente, se presentan manifestaciones neurológicas.

Generalmente, el botulismo se produce por la ingestión de alimentos contaminados. No se conocen brotes originados por beber agua, quizás se deba, a que la toxina es fácilmente neutralizada por las técnicas comunes para tratar agua potable.

En México se han registrado brotes de botulismo siempre de manera local y accidental, los cuales han involucrado un número pequeño de personas.

Ricino. Es una potente citotoxina derivada de la planta *Ricinus communis*. Cuando se inhalan partículas en aerosol, se provocan, en ocho horas, cambios patológicos que causan una severa falla respiratoria en un lapso de 36 a 72 horas. Cuando se ingiere produce severos daños gastrointestinales, seguidos de colapso vascular y muerte.



Estafilococo enterotoxina B. El estafilococo *aureus* origina exotoxinas, entre éstas se encuentra la enterotoxina B (SEB) que provoca intoxicación al ingerir alimentos mal preparados. La SEB tiene un amplio espectro de actividad biológica, y al inhalarse produce un cuadro diferente al que presenta cuando se ingiere. Este tipo de toxina es considerada como arma incapacitante, es decir, no causa la muerte, pero incapacita a los afectados para realizar sus labores cotidianas. Cuando se utiliza como arma biológica puede llegar a afectar hasta el 80 por ciento de las personas que entren en contacto con la misma.

Micotoxina T-2. *Micotoxina trichothene* (T-2) es un grupo de cuarenta compuestos producidos por el hongo del género *Fusarium*; son las únicas toxinas activas en la piel. Su uso como arma biológica lo refieren militares rusos, poco después de la Segunda Guerra Mundial cuando accidentalmente, un grupo de civiles consumió pan elaborado con harina contaminada con *Fusarium* y algunos desarrollaron una enfermedad letal conocida como **aleukia tóxica alimentaria** (ATA).

Se ha discutido que la micotoxina se liberó desde los aviones en la llamada «lluvia amarilla», en Laos, Camboya y Afganistán.

IMPACTO EN LA SALUD DE LA PERSONA Y DE LA COMUNIDAD

El impacto directo se manifiesta en el servicio de salud y en la sobredemanda de atención, la disponibilidad de antídotos, antibióticos y vacunas en cantidades suficientes para cubrir las necesidades instantáneas.

Asimismo, debemos contemplar el daño a la economía: se sabe que a raíz del atentado del 11 de septiembre, en Estados Unidos se cancelaron miles de reservaciones en áreas turísticas por el temor a viajar en avión. El impacto en las compañías aéreas fue grande: de acuerdo con un documento del Banco Mundial, previo al ataque, las economías en desarrollo crecerían 1.1 por ciento en el 2001 y alcanzarían el 2.2 por ciento en el 2002, pero

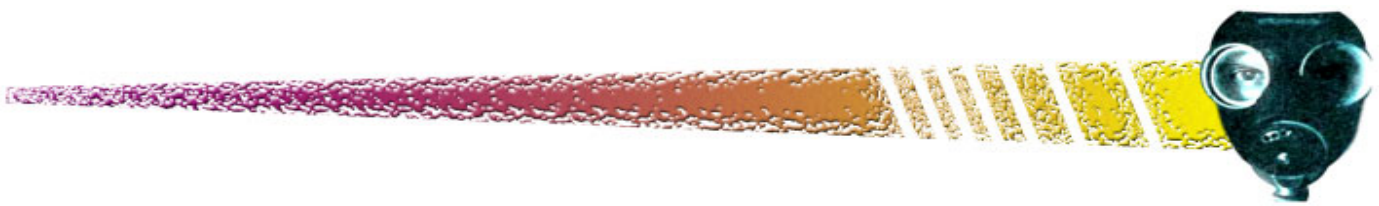
ahora se estima que crecerán entre el 0.75 y 1.25 por ciento en este año debido al incremento en los costos de seguros, a los atrasos en los envíos de mercancía por el aumento en las medidas de seguridad y control, al incremento en los costos operativos a causa del mayor gasto en seguridad y a la reducción en el turismo.

ELEMENTOS CLAVE DE LAS ARMAS BIOLÓGICAS

Además de requerir conocimientos de microbiología, así como tener un laboratorio de calidad que incluya medios de protección, son importantes para el uso de armas biológicas los siguientes elementos: 1) una carga explosiva, que es el agente biológico; 2) una munición o recipiente que la lleve intacta y virulenta hasta su entrega; 3) un sistema de entrega o misil (proyectil, avión, sobre, o cualquier otro medio para hacer llegar la carga) y 4) un mecanismo de dispersión, es decir, algo que contenga fuerza explosiva o algún mecanismo o dispositivo de aspersión. También se sabe que no se requiere una superficie mayor de 16 metros cuadrados y que su costo es 10,000 veces menor al de las armas convencionales. Así, por su eficiencia, eficacia y efectividad son una alternativa atractiva para mentes perversas deseosas de aterrorizar a la población.

La única forma de combatir al terror es con la información. Hemos visto que todos estos agentes naturales existen y han sido utilizados desde hace milenios por la humanidad, en forma consciente o inconsciente, con conocimiento y dominio y sin éstos.

Nadie podría afirmar que nunca va a haber un ataque terrorista con armas biológicas en México, pero antes podríamos preguntarnos ¿quién?, ¿por qué? o ¿para qué? Eso no es posible contestarlo, pero en tanto exista la posibilidad será importante contar con la información adecuada, elaborar programas de emergencia correspondientes y difundir información que evite el objetivo fundamental de los terroristas: causar terror.



CONCLUSIONES

Si bien es cierto que ningún país se puede considerar exento de la amenaza del bioterrorismo, es claro que nuestro país no tiene enemigos.

Si llegasen a aparecer grupos bioterroristas, pese a no existir ningún programa emergente al respecto, nuestras instituciones, las experiencias pasadas en desastres naturales y antropogénicos, así como las epidemias humanas y animales ocurridas, serían elementos que decididamente mitigarían su impacto.

Es indispensable difundir información sobre la epidemiología, el diagnóstico, el tratamiento, la prevención y el control de posibles agentes biológicos, sobre todo entre el personal de salud y las autoridades, con el fin de elaborar programas emergentes que, como los seguros de vida, se tengan sólo para no utilizarse.

LITERATURA RECOMENDADA

- Breman J G, Henderson DA. Poxvirus dilemmas- monkeypox, smallpox and biological terrorism. *NEJM* 1998; 339:556-9.
- Christopher G W *et al.* Biological warfare: a historical perspective. *JAMA* 1997; 278:412-7.
- Cole L A. The specter of biological weapons. *Scientific American* 1996; Dec: 60-5.
- Franz D R *et al.* Clinical recognition and management of patients exposed to biological warfare agents. *JAMA* 1997; 278:399-409.
- Henderson D A. Bioterrorism as a public health threat. *Emerging Infectious Diseases* 1998; 4:488-92.
- Lesho E *et al.* Feces, dead horses and fleas: evolution of the hostile use of biological agents. *W J M* 1998; 168:512-6.
- Pile J C *et al.* Anthrax as a potential biological warfare agent. *Arch. Intern. Med* 1998; 158:429-34.
- Simon J D. Biological terrorism: preparing to meet the threat. *JAMA* 1997; 278:428-30.
- Zilinas R A. Iraq's biological weapons: the past as future? *JAMA* 1997; 278:418-23.



Inda Marcela Figueroa Ochoa

Médico veterinario zootecnista por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se titula con mención honorífica. En 1998, obtiene la especialidad de Micología, por parte de la misma institución, en la que, desde 1992, imparte la asignatura de Bacteriología y Micología.

Actualmente, realiza su trabajo de maestría en el área de Microbiología Molecular. Ha participado con ponencias del *Bacillus anthracis* en el Instituto Mexicano del Seguro Social, la UNAM y la Universidad Autónoma del Estado de México.

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. Departamento de Bacteriología e Inmunología. Circuito exterior s/n Coyoacán México, CP. 04510. Teléfonos: 5622-5896, 5622-5897.

Ántrax

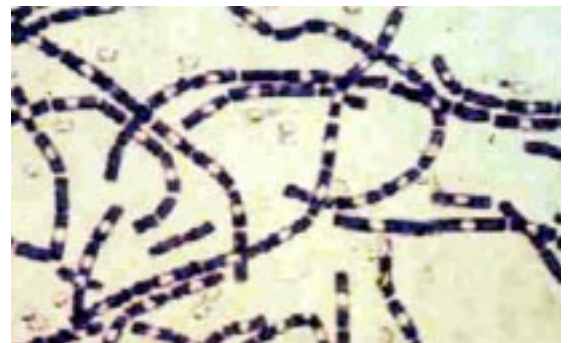
Durante años, *Bacillus anthracis* ha causado ántrax en los animales. La enfermedad se presenta con mayor frecuencia en herbívoros, los cuales se infectan durante el pastoreo por ingestión de las esporas que se encuentran en el suelo. Naturalmente, el hombre adquiere la enfermedad por contacto directo con animales infectados o productos de origen animal contaminados, por lo que se trata de una enfermedad ocupacional (peleteros, cardadores, laboratoristas, veterinarios).

Actualmente, este padecimiento se encuentra controlado en las poblaciones animales por medio de vacunación, uso de antibióticos, condiciones de manejo, así como restricciones en la importación de producto de origen animal que provienen de zonas riesgosas.

Bacillus anthracis juega un papel importante en la historia de la microbiología, ya que los primeros trabajos sobre enfermedades bacterianas y vacunas se realizaron con este microorganismo. Existen hasta ahora 51 especies de este género clasificadas, pero casi todas son saprófitas y no patógenas para los animales; la más importante es *Bacillus anthracis*: agente etiológico del carbunco o ántrax (la palabra viene del griego *anthrakis*, que significa carbón) en los animales y el hombre.

MORFOLOGÍA

Bacillus anthracis es un bacilo Gram positivo, aerobio y capsulado. En los cultivos forman largas cadenas, debido a que los bordes cuadrados de las células individuales se amoldan estrechamente. Los bacilos se presentan en forma individual o en cadenas cortas a partir de muestras de





tejidos. A diferencia de la mayoría de las bacterias patógenas, tiene la capacidad de esporular cuando se desarrolla en ambientes carentes de nutrientes, en presencia de aire, bajas concentraciones de CO_2 , temperatura de 15 a 40° C, pH mayor a cinco y humedad relativa mayor a un 96 por ciento. Las esporas germinan cuando entran en un ambiente rico en aminoácidos, nucleósidos, glucosa y elevada tensión de CO_2 por tanto, son raras en la sangre y en los órganos internos y abundantes en el medio ambiente.

Además del pastoreo en suelo contaminado e ingestión de agua estancada infectada con esporas, existen otras fuentes de contagio para los animales, como alimentos contaminados (harina de hueso, pasta de algodón, proteínas vegetales, como la de cacahuete), fertilizantes orgánicos, vísceras, desperdicios de lana, pelo y materiales curtidos. Las moscas hematófagas y los animales que se alimentan de carroña son portadores de estas esporas.

CULTIVO

Las colonias son opacas, con bordes irregulares y con una clásica morfología de cabeza de medusa, esto se debe a que el microorganismo crece con forma de filamentos largos que se agrupan en manojos paralelos y ondulantes. La cápsula sólo se observa si el medio contiene bicarbonatos o suero, y se incuba con un diez por



ciento de CO_2 .

Para su aislamiento se utiliza agar sangre, y las colonias se observan 24 horas después de incubar a 37° Centígrados.

IDENTIFICACIÓN

La falta de hemólisis, ausencia de motilidad, presencia de cápsula, susceptibilidad a la penicilina y al bacteriófago gamma, son pruebas que permiten diferenciar al *Bacillus anthracis* de otras especies.

RESISTENCIA

Las esporas resisten a la ebullición, desecación UV y fenol; pero se destruyen en autoclave y con formalina al tres por ciento si se aplica a 40° C. Las esporas permanecen viables por décadas en tierra, agua, cuero y piel de animales infectados. Se han reportado hallazgos de esporas en muestras de hueso encontradas en excavaciones arqueológicas. Esta resistencia está relacionada con condiciones climatológicas y de suelo.

EPIDEMIOLOGÍA

La enfermedad se considera enzootia en África, Asia y algunas provincias de China; es común en centro y Sudamérica, este de Europa, así como algunas regiones de Rusia. Los factores que determinan esta distribución están relacionados con las condiciones climatológicas, temperatura media mayor a 16 °C, periodos alternados de lluvia y sequía en regiones que presentan suelos alcalinos y con gran cantidad de nitrógeno, por la vegetación en descomposición.

FACTORES DE VIRULENCIA

La capacidad para producir la enfermedad está dada por la cápsula de poly-D-glutámico, que está codificada por plásmido pXO2 de 90 kilobases (kb) y una potente exotoxina compuesta por tres componentes: toxina letal (TL), factor edema (FE) y antígeno protector (AP), codificados por plásmido pXO1 de 176 kb. Sólo las cepas toxigénicas y capsuladas son virulentas.



Estos factores actúan en combinación, ya que, por separado, tienen poco o ningún efecto tóxico. El resultado total incluye daño y destrucción de fagocitos, aumento de la permeabilidad de las células capilares y deterioro de los mecanismos de la coagulación. Asimismo, existe trombosis vascular y extravasación de líquidos a través de las paredes de los capilares dañados, la presión arterial disminuye y el animal entra en choque.

La toxina también deprime la actividad eléctrica en la corteza cerebral; esto afecta el centro respiratorio, lo que contribuye a la anoxia, colapso cardíaco y choque.

ENFERMEDAD

Se puede manifestar de tres maneras: 1) **ántrax cutáneo (pústula maligna)**, a consecuencia de heridas que se contaminan por la espора de *Bacillus anthracis*, se caracteriza por la presencia de una lesión ulcerativa, edematosa, oscura y relativamente indolora que cede fácilmente al tratamiento; 2) **ántrax pulmonar (enfermedad de los cardadores)**, no tiene síntomas específicos, presenta febrícula, tos seca, dolor de cabeza y debilidad; después de un periodo de aparente recuperación, la enfermedad se torna más severa: fiebre, disnea, taquicardia, cianosis, meningitis, hipotensión, colapso circulatorio, hipoxia y choque debido a la toxemia.

La mortalidad es del 100 por ciento; la enfermedad se puede controlar si se da tratamiento oportuno y



prolongado. El ántrax cutáneo y pulmonar están más bien asociados con humanos; y 3) **ántrax digestivo (enfermedad del rayo)** afecta principalmente a rumiantes. Se trata de una enfermedad hiperaguda que produce la muerte súbita del animal, mostrando fiebre, debilidad, inapetencia y convulsiones; en el cadáver se observa la salida, por los orificios naturales, de sangre oscura (sin oxigenar) que no coagula, el *rigor mortis* es incompleto y la descomposición rápida. Los caballos pueden manifestar signos de cólico y tumefacción edematosa de la garganta y cuello; en cerdos y perros se presenta estomatitis ulcerativa, inflamación edematosa de la garganta, faringitis y linfadenitis local como resultado de alimentarlos con desechos de animales infectados. Además, los animales pueden presentar asfixia, por edema grave de la glotis. En el hombre su reporte es poco común, pero se da como resultado de ingerir alimentos contaminados.

Los cadáveres deben de enterrarse a dos metros de profundidad como mínimo y espolvorearse con cal viva (la incineración se debe hacer en hornos cerrados para evitar la diseminación de esporas). Se debe notificar a las autoridades de salud animal la presencia de la enfermedad.

DIAGNÓSTICO

Se recomienda tomar sangre de la oreja o de la cola y enviarla perfectamente rotulada con la leyenda SOSPECHOSA DE ANTRAX. No se debe abrir el cadáver porque permite el contacto con el aire de las formas vegetativas del bacilo del ántrax que quedaron presentes en la sangre y en los diferentes órganos. Esto trae como consecuencia la esporulación y la diseminación de las esporas en el ambiente.

EL POSIBLE DIAGNÓSTICO

Bacteriológico. Frotis directo de una muestra sanguínea teñida con Gram, tinción de Shaeffer y Fulton para esporas, aislamiento en medios de cultivo e identificación con pruebas bioquímicas. Si ha comenzado la putrefacción del cadáver



no es fácil hacer un diagnóstico seguro por el método directo de frotis debido a que las bacterias presentes en la putrefacción son semejantes.

Serológico. ELISA, anticuerpos fluorescentes, anticuerpos monoclonales dirigidos hacia la cápsula y a un polisacárido específico de pared celular.

Técnicas moleculares. Reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

Otras. Radiografía de tórax.

Fagotipificación por el fago gamma.

PREVENCIÓN

Para inmunizar a los animales se utiliza la vacuna de Sterne, hecha con esporas de la cepa 34F2, que perdió la capacidad de producir cápsula, por modificaciones durante su cultivo. Se recomienda la vacunación una o dos semanas antes del destete y, posteriormente, aplicaciones anuales.

En medicina humana se tienen disponibles vacunas que consisten en filtrados libres de células de cepas 34F2 y V770-NP1R.

TRATAMIENTO

Se puede utilizar: ciprofloxacina, doxiciclina, eritromicina, clindamicina, aminoglicósidos, macrólidos, vancomicina.

Hay dos metas a largo plazo para estudiar las toxinas bacterianas: desarrollar estrategias para producir toxoides, y prevenir las manifestaciones clínicas de la enfermedad; aplicar toxinas o componentes de éstas, incluyendo terapia dirigida, utilizándolas como moléculas acarreadoras para depositar

agentes heterólogos en la superficie celular o dentro de una localización específica dentro de las células eucarióticas. También se contempla el desarrollo de técnicas de diagnóstico, el de regímenes terapéuticos y las vacunas de segunda generación que requieran de menor dosis.

LITERATURA RECOMENDADA

- Beyer W, Pocivalsek S, Bohm R. PCR-ELISA to detect *Bacillus anthracis* from soil samples-limitations of present published primers. *J Appl Microbiol* 1999; 87: 229-36.
- Demicheli V, Rivetti D, Deeks JJ, Jefferson T, Pratt M. The effectiveness and safety of vaccines against human anthrax: a systematic review. *Vaccine* 1998; 16: 880-4.
- Fasanella A, Losito S, Trotta T, Adone R, Massa S, Ciuchini F y Chiocco D. Detección of anthrax vaccine virulence factors by PCR. *Vaccine* 2001; 20: 4214-8.
- Kelly D, Chulay JD, Mikesell P, Friedlander A. Serum concentrations of penicillin, doxycycline and ciprofloxacin during prolonged therapy in rhesus monkeys. *J Infect Dis* 1992; 166:1184-7.
- Klietmann WE y Rufo KL. Bioterrorism: implications for the clinical microbiologist. *Clinical Microbiol Review* 2001; 14: 364-81.
- Makino SI, Cheun HI, Watarai M, Uchida I and Takeshi K. Detection of anthrax from the air by real-time PCR. *Lett Appl Micro* 2001; 33: 237-40.
- Makino SI, Iinuma-Okada Y, Maruyama T, Ezaki T, Sasakawa C y Yoshikawa M. Direct detection of *Bacillus anthracis* DNA in animals by PCR. *J. Clin Microbiol* 1993; 31: 547-51.
- Modlin JF, Zinder DE, Brooks DA, Clover RD, Guerra FA, Helms CH, *et al.* Use of anthrax vaccine in the United States: recommendations of the advisory committee on immunization practices. *Clinical Toxicology* 2001; 39: 85-100.
- Nicolson GL, Nass M, y Nicolson N. The anthrax vaccine controversy. *Medical Sentinel* 2000; 5: 97-101.
- Stepanov AV, Marinin LI, Pmerantsev AP, Staritsin NA. Development of novel vaccine against anthrax in man. *Biotechnol* 1996; 44: 155-60.



Lirio Ixtlaxóchitl
Calderón Gómez

Realiza sus estudios de licenciatura en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM (1994, 1998). Elabora su tesis en el Departamento de Microbiología e Inmunología de la misma facultad. Participó como ponente en el Congreso Internacional de Infectología y Microbiología Clínica, realizado en Guadalajara, en noviembre de 1996; en el Congreso Anual de la Asociación Mexicana de Infectología y Microbiología Clínica y en el Curso de Actualización *Aspectos relevantes de las enfermedades infecciosas de perros y gatos*, organizado por la FMVZ.

FMVZ-UNAM, Departamento de Microbiología e Inmunología. Circuito exterior s/n Coyoacán México, CP. 04510. Tel. 5622-5896, 5622-5897. Correo electrónico: lirio.calderon@excite.com

¿*Burkholderia mallei* y *Burkholderia pseudomallei* son agentes potenciales para el terrorismo biológico?

BURKHOLDERIA MALLEI

Burkholderia mallei (sinónimos: *Pseudomonas*, *Malleomyces*, *Pfeifferella*, *Loefferella* y *Actinobacillus*) es una bacteria Gram negativa, sin cápsula, no móvil, con un diámetro de 0.5 mm, aerobia, de oxidasa y catalasa positivas, que reduce nitratos e hidroliza urea. Su tamaño y su forma dependen de las condiciones de crecimiento; se desarrollan entre 20° y 41° C, en 48 horas o más; su crecimiento se favorece en medios que contienen glicerol o sangre. Se han reportado exotoxinas y endotoxinas que aún no han sido caracterizadas.

El muermo es una infección producida por *Burkholderia mallei*, comúnmente se presenta en equinos y ocasionalmente se transmite a humanos u otros animales (ovejas, cabras, camellos, perros y gatos). Es una enfermedad sistémica que se presenta en la mucosa nasal y el tracto respiratorio bajo; conocida como farcinosis («*farcy*»), y la infección cutánea con linfangitis.

La infección está ampliamente difundida en los equinos de Mongolia y China, con menor actividad en India, Irak, Turquía y Filipinas.

Transmisión. Ocurre por alimento y agua contaminados y, en ocasiones por inhalación o heridas. Las infecciones se originan en el tracto respiratorio y por lesiones en la piel.

El muermo humano es raro en comparación con el muermo equino que es común. En humanos, la enfermedad es de tipo ocupacional, presentándose en personas que se encuentran en contacto con animales enfermos. La transmisión humano-humano es poco común. La infección natural requiere menos de 500 microorganismos por inhalación, aunque se puede presentar como resultado de heridas contaminadas, abrasiones o contacto con membranas mucosas. El periodo de incubación es de diez a catorce días, presentándose la forma septicémica con



muerte a los siete o diez días. El microorganismo es particularmente peligroso para trabajadores de laboratorio, quienes adquieren la infección por inhalación.

Burkholderia mallei es un microorganismo muy estable que puede sobrevivir en agua más de cuatro semanas, por ello, está considerado como fuente importante de infección.

Patogénesis. Después de que la bacteria entra al organismo, la infección se extiende por los vasos linfáticos y produce lesiones en la salida de los nódulos linfáticos y el torrente sanguíneo, lo que disemina el agente. Cerca de la superficie epitelial es común la ulceración, y las lesiones dependerán de las cepas, éstas determinan si son supurativas o granulomatosas. Posteriormente, aparecen lesiones metastásicas en pulmones y otros órganos, como bazo, hígado y piel, produciendo **muermo cutáneo** o **farinosis**.

Las infecciones agudas se caracterizan por provocar fiebre, descarga nasal, linfadenitis en cabeza y cuello e inflamación en tracto respiratorio, en ocasiones con un final fatal. En caballos, las infecciones crónica y subclínica son clásicas, los signos que se observan son fiebre, abscesos en la piel e induración nodular de los linfonodos craneales.

Tratamiento. Varía dependiendo de la localización y la severidad de la enfermedad. Generalmente se indican las sulfonamidas, los aminoglicósidos y las tetraciclinas. No existe ningún tipo de tratamiento preventivo.

Diagnóstico. Es apropiada una cuidadosa historia clínica en que se especifique si hubo contacto con animales infectados, o bien si se estuvo en un laboratorio. El diagnóstico se hace mediante la identificación y el aislamiento o la detección de anticuerpos; existen tres tipos serológicos, de los cuales uno presenta reacción cruzada con *Burkholderia pseudomallei*.

BURKHOLDERIA PSEUDOMALLEI

La enfermedad causada por *Burkholderia pseudomallei* es considerada una zoonosis. Éste microorganismo se encuentra

en clima tropical y subtropical, particularmente en el sureste de Asia; es un patógeno intracelular facultativo considerado como ambiental; ocasionalmente causa enfermedad. En Australia, se han aislado altas concentraciones del microorganismo durante el verano. La bacteria subsiste en tierra durante la época de sequías y en la superficie en época de lluvias.

Transmisión. La infección puede ocurrir como resultado de ingestión, inhalación o contaminación de la piel; el periodo de incubación puede ser largo, antes de que aparezca la enfermedad.

Posiblemente, se transmite por artrópodos. En humanos, el contagio puede ser aéreo o por el consumo de productos animales infectados. La melioidosis se observa en varias especies animales (ratas, primates, cabras, ovejas, cerdos, ganado, caballos, ciervos, perros, gatos, delfines, koalas, canguros, camellos, cocodrilos y aves). La transmisión de animales a humanos es difícil y sólo en dos casos se ha presentado el contagio humano-humano.

Los ratones silvestres son un importante reservorio del microorganismo que contamina el suelo y el agua. Aunque los animales infectados pueden diseminar los microorganismos, éstos no son usualmente la fuente de infección.

Patogénesis. La infección es típicamente sistémica, con manifestaciones que dependen de la distribución y extensión de las lesiones. Los abscesos pequeños pueden iniciar con focos largos supurativos o granulomas. En ganado, la infección es aguda y crónica, y se localiza en bazo, articulaciones y útero. En ovejas también se observa linfadenitis y artritis. Las cabras sufren afecciones en aparato respiratorio y sistema nervioso central. Signos similares se observan en cerdos, además de diarreas y abortos. El perro desarrolla una enfermedad febril con focos supurativos localizados.

Tratamiento. Los pacientes con melioidosis septicémica usualmente requieren un tratamiento agresivo, se manejan en una unidad de terapia intensiva. El choque séptico, la



insuficiencia renal y respiratoria, la hiperglicemia y la cetoacidosis se corrigen con terapia de líquidos. Los abscesos se drenan y se aplican corticoesteroides. Para este microorganismo tampoco existe ningún tipo de tratamiento preventivo.

Diagnóstico. Se considera en pacientes que han visitado áreas endémicas y presenten septicemia, abscesos y supuración crónica. El diagnóstico específico detecta anticuerpos por hemaglutinación indirecta (HAI), inmunofluorescencia indirecta e inmunoensayo enzimático (ELISA).

Epidemiología. La enfermedad clínica es esporádica. Se han reportado casos en mamíferos y aves. La infección en humanos es fatal y subclínica. En humanos que han residido en áreas endémicas, el microorganismo puede permanecer latente por más de 20 años antes de manifestarse clínicamente. A *Burkholderia* también se la llama "bomba de tiempo vietnamita". La proporción de individuos seropositivos con infección latente y riesgo de recaer aún es incierta.

¿REALMENTE *BURKHOLDERIA MALLEI* Y *BURKHOLDERIA PSEUDOMALLEI* SON SUSCEPTIBLES PARA UTILIZARSE COMO ARMAS BIOLÓGICAS?

Burkholderia mallei ha sido clasificada en la categoría B por el *Centre for Disease Control*, de EEUU (CDC) en la clasificación de agentes potenciales para el terrorismo biológico. A esta categoría, pertenecen microorganismos de fácil diseminación asociados con una morbilidad moderada, una baja mortalidad y requieren pruebas diagnósticas altamente específicas hechas por la CDC.

Burkholderia pseudomallei no se encuentra clasificada en la CDC, no obstante que en humanos puede ser subclínica y fatal, por lo que también podría usarse como agente para bioterrorismo.

En México, *Burkholderia mallei* y *Burkholderia pseudomallei* no están reportadas como bacterias que producen

enfermedades exóticas por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). En el Centro Nacional de Servicios de Diagnóstico en Salud Animal (CENASA) se realiza el diagnóstico de muermo mediante la fijación de complemento, para comprobar que los equinos que salen del país se encuentran libres de la enfermedad. Sin embargo, los laboratorios del país deberían estar preparados para diagnosticarla y efectuar un tratamiento no sólo en animales, ya que es una enfermedad zoonótica que, no debemos olvidar, ha sido utilizada como agente bioterrorista.

Durante la Primera Guerra Mundial, *Burkholderia mallei* se usó como arma biológica contra caballos de las fuerzas armadas unidas. En 1945, se informó de una infección en los Estados Unidos, en el personal de laboratorio que trabajaba en un programa de armas biológicas en Camp Detrick, Maryland, desde entonces no se habían vuelto a presentar reportes de infecciones en humanos en el territorio estadounidense. No obstante, se reportó un caso en marzo de 2000, esta reciente infección con *Burkholderia mallei* podría ser precursora de una liberación de agentes infecciosos, como sucedió con el *Bacillus anthracis*. Esto provoca la preocupación de las naciones, y consigue que se preparen contra el bioterrorismo y la guerra biológica. Sin embargo, esta preocupación no debería generar pánico, pues su prevención depende del conocimiento que se tenga de los procedimientos de salud requeridos en la actualidad. No se debe olvidar que el uso potencial de agentes biológicos para provocar enfermedades es consecuencia de los avances médicos, de los laboratorios y de la ingeniería genética. Esta amenaza no puede descartarse, debido a los extensos estudios y usos que se hacen en países como Iraq y los que conformaron la Unión Soviética.

Cientos de experiencias con enfermedades zoonóticas nos obligan a preparar un diseño adecuado para el control y el reconocimiento de las enfermedades emergentes, y de esta



manera, estar preparados para emergencias de salud pública causadas por agentes utilizados para el terrorismo biológico.

LITERATURA RECOMENDADA

- Gyles CL, Thoen CO. Pathogenesis of bacterial infections in animals.2 Iowa State University: Press/ Ames; 1993.
- Khan SA, Ashford AD. Ready or not preparedness for bioterrorism, glanders. N engl J Med 2001; 26; 345 (4): 287-9.
- Moran GJ. Biological terrorism are we prepared? Emerg Med 2001; 16-34.
- William JH, Susman M. Microbiological and microbial infections. Bacterial infections. 1998;3 (9): 919-29.
- Joklik WK, Willett HP, Amos B, Wilfert CM. Zinsser microbiology. USA: Appleton & Lange, 1992.
- Srinivasan A, Kraus CN, De Shauzer D, Becker PM, Dick JD, Spacek L, *et al.* Glanders un a military research microbiologist. N engl J Med 2001; 345 (4): 256-8.



Roberto Arnulfo Cervantes Olivares

Médico veterinario zootecnista por la FMVZ de la UNAM en 1977. Es Profesor titular "C" Tiempo completo definitivo. Cuenta con 23 años de experiencia docente y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Expresidente de la Academia Veterinaria Mexicana. Ha dirigido 43 tesis de licenciatura, 15 de maestría y una de doctorado. *Philosophical Doctor* (Microbiología), Universidad de Glasgow 1977.

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Departamento de Microbiología e Inmunología Av. Universidad 3000 CP.045 10 México, D.F. Tel. 5622-5896 Fax. 5622-5971 raco@servidonunam.nix

Los miembros del género *Clostridium*, la mejor o peor arma para el bioterrorismo

Hace algunos años, (por los años setenta del siglo pasado), nos encontrábamos reunidos algunos microbiólogos noveles con los dos «gurúes» que dirigían nuestros esfuerzos para aprender de bacterias y hongos. En un ejercicio para saber los conocimientos que teníamos de los factores de patogenicidad, uno de los jefes preguntó cuál sería el microorganismo idóneo para provocar problemas en una población, (obviamente no sospechaba que unos 30 años después sucedería algo así, y que la misma pregunta podría tomarse como una reflexión malévola, que tendría un efecto completamente distinto y una contestación diferente). Mi pensamiento, en aquellos años, me llevó a la conclusión de que la respuesta correcta era los miembros del género *Clostridium*, por su alto grado de toxigenicidad. Al revisar la 'biblia' de los bacteriólogos, el Manual Bergey's de Bacteriología sistemática, encontré que se describen 83 especies del género, de las cuales por lo menos trece producen toxinas involucradas con procesos patológicos.¹

CUADRO 1. TOXINAS PRODUCIDAS POR LOS CLOSTRIDIA

Especie	toxina producida y su actividad
<i>C. argentinense</i>	neurotoxina tipo G
<i>C. botulinum</i>	neurotoxinas tipos A-G y toxina C2 enterotoxina
<i>C. baratii</i>	neurotoxina tipo F
<i>C. butrificum</i>	neurotoxina tipo E
<i>C. chauvoei</i> . 1	toxina alfa hemolisina necrosante estable al oxígeno
<i>C. septicum</i>	toxina beta desoxirribonucleasa, toxina gama hialuronidasa y toxina delta hemolisina estable al oxígeno
<i>C. difficile</i>	toxina A enterotoxina citotóxica y toxina B citotoxina letal
<i>C. histolyticum</i>	toxina alfa necrosante y letal, antígeno Beta colagenasa, antígeno Gama proteasa activada por thiol antígeno Delta proteasa
<i>C. novy</i>	toxina alfa necrosante, toxina Beta fosfolipasa C, toxina Gama fosfolipasa, antígeno Delta hemolisina lábil al oxígeno, antígeno Epsilon lipasa. Tipo A: toxina Alfa, toxina Gama, antígeno Delta y antígeno Epsilon. Tipo B: toxina Alfa y toxina Beta Tipo C: no produce toxinas Tipo D: toxina Beta. El Tipo D se nombra también como <i>C. haemolyticum</i> .

¹ Levett PN, Anaerobic Microbiology. A Practical Approach, traducción libre de Cervantes ORA¹



Especie	toxina producida y su actividad
<i>C. perfringens</i>	toxina Alfa fosfolipasa C necrosante, toxina Beta necrosante, toxina Epsilon necrosante, toxina Iota, enterotoxina proteína emética que se encuentra en las células en esporulación. Tipo A: toxina Alfa Tipo B: toxina Alfa, toxina Beta, toxina Epsilon Tipo C: toxina Alfa, toxina Beta Tipo D: toxina Alfa, toxina Epsilon Tipo E: toxina Alfa, toxina Iota
<i>C. sordellii</i>	Toxina Alfa fosfolipasa, toxina HT (toxina hemorrágica parecida a la toxina A de <i>C. difficile</i>) toxina LT (toxina letal parecida a la toxina B de <i>C. difficile</i>).
<i>C. spiroforme</i>	Toxina Iota, toxina binaria con actividad ADP-rebosilado
<i>C. tetani</i>	Tetanoespasmina neurotoxina responsable por los signos clínicos del tétanos. Tetanolisina hemolisina sensible a calor y al oxígeno.

Resulta evidente que mi pensamiento se dejó llevar por mi pobre conocimiento de microbiología y mi particular gusto por las bacterias que, aunque han sido estudiadas profusamente, siguen representando graves problemas para la salud pública y veterinaria. Yo sabía que la gente teme a sufrir tétanos, y que todo mundo hablaba de las miositis por *Clostridium* como algo difícil de resolver. Además, se sabía que en muchos casos no se requiere que este género de bacterias colonice al individuo para producirle daño (tal es el caso de las toxinas producidas por *Clostridium botulinum*, que pueden ingerirse aún cuando el microorganismo ya no esté presente en el sustrato).

El ejercicio siguió: cada uno de los presentes escogió sus agentes favoritos e hizo su argumentación basado en los atributos patogénicos. Recreando aquel ejercicio del siglo pasado, expondré mis argumentos sobre este género, aunque es claro que ahora se ha ampliado el conocimiento y existen herramientas más sofisticadas para el estudio de estos microorganismos. Espero que este escrito sea útil para entender estas fascinantes bacterias que no han recibido, en nuestro país, la

atención adecuada para solucionar los problemas que producen.

El género *Clostridium* se encuentra ampliamente distribuido en todo el ambiente, principalmente en el suelo y el agua de ríos y lagos. Muchas de las especies patógenas son parte de la microbiota intestinal de los animales y el hombre. Existe una amplia variedad de especies con distintos requerimientos, tales como la atmósfera de crecimiento; los hay desde aerotolerantes (*C. histolyticum*, *C. tertium*), hasta anaerobios estrictos (*C. haemolyticum*). El rango de temperatura varía, desde los psicrófilos (*C. putrefaciens*) que no crecen a temperaturas arriba de los 30°C, y los termófilos (*C. thermosaccharolyticum*), que difícilmente podrían crecer en temperaturas por debajo de los 50°C. Aunque se considera que los *clostridia* son Gram positivos, no todos reaccionan a la tinción de la misma forma; muchas de las especies que forman esporas terminales (*C. tetani*, *C. putrificum*) pierden la coloración con mucha facilidad, y las que producen esporas subterminales (*C. hemolyticum*) pueden verse como bacilos Gram negativos; en otros casos, como *C. chauvoei*, sólo toma la coloración en forma parcial, por lo que se observa moteado. Muchas especies forman esporas, pero éstas varían en su posición dentro de las células vegetativas (centrales, terminales y subterminales), en su forma (ovales o redondas) y evidentemente, en los requisitos para realizar la esporulación. La mayoría de las especies son móviles gracias a flagelos peritricos, aunque *C. perfringens* es la excepción y no se mueve, además, es la única especie que presenta cápsula.

Existen varias formas de clasificar o agrupar a los *clostridia*, pero, para enfatizar el uso de estas bacterias como armas bacteriológicas, utilizaré la sugerida por Quinn y sus colaboradores en 1994:

Clostridia neurotóxicos	Clostridia histotóxicos	Enterotoxémicos
<i>Clostridium tetani</i>	<i>Clostridium chauvoei</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
<i>Clostridium botulinum</i> (tipos A-F)	<i>Clostridium septicum</i>	Tipo A
<i>Clostridium argentinense</i>	<i>Clostridium novy</i>	Tipo B
(<i>C. botulinum</i> tipo G)	Tipo A	Tipo C
	Tipo B	Tipo D
	Tipo C	Tipo E
	<i>Clostridium haemolyticum</i> (<i>C. novy</i> tipo D)	
	<i>Clostridium sordellii</i>	
	<i>Clostridium colinum</i>	
	<i>Clostridium spiroforme</i>	
	<i>Clostridium difficile</i>	

ASOCIADOS A ENFERMEDADES POR ABUSO DE ANTIBIÓTICOS

Los *clostridia* neurotóxicos parecerían la opción más adecuada para el bioterrorismo, las cepas pueden obtenerse con cierta facilidad y, aunque la metodología de trabajo para los anaerobios es algo laboriosa y costosa, un laboratorio de bacteriología bien equipado podría producir cultivos de donde se obtendrían las toxinas. *C. tetani* por ejemplo, produce dos tipos de exotoxinas: la tetanolisina (hemolisina) y la tetanoespasmina (neurotoxina) responsables de los signos clínicos del tétanos, debido a que actúa presinápticamente en las neuronas motoras bloqueando la salida de compuestos como g-ácido aminobutírico, inhibidores de la transmisión neuronal y permiten que el músculo se relaje después de responder al estímulo; al romperse el ciclo de contracción-relajación de los músculos, se produce parálisis rígida y los clásicos espasmos de la enfermedad. La muerte ocurre por paro respiratorio o cardíaco.

Por su parte, *C. botulinum* produce tres tipos de toxinas: la toxina botulínica, la toxina C2 y la toxina C3. Se conocen siete diferentes serotipos de la toxina botulínica (A-G), por mucho, la más potente de las toxinas bacterianas; se sabe que actúan sobre las neuronas periféricas al inhibir la salida de acetilcolina, lo que produce una parálisis flácida y, finalmente, la muerte por paro cardíaco o respiratorio. La toxina C2 es una de las llamadas toxinas AB, se comporta

como enterotoxina. La toxina C3 es una molécula pequeña, se desconoce su funcionamiento.

Existen ciertas similitudes entre ambas bacterias, pero hay diferencias en cómo se puede adquirir la enfermedad. El tétanos es una infección producida a través de una herida generalmente profunda y tortuosa que favorece la necrosis y propicia el ambiente anaeróbico; mientras que botulismo es, en su forma más común, una intoxicación causada por la ingestión de la botulinotoxina en alimentos contaminados por *C. Botulinum*. Así, vemos que hay diferencias marcadas en las neurotoxinas y en los mecanismos de acción para convertir (dentro del organismo) estas toxinas en sustancias letales.

La tetanoespasmina utiliza la vía sanguínea o los nervios periféricos para llegar a los receptores de las terminales de los nervios motores y eventualmente a las células nerviosas de la médula espinal, por lo que afecta una gran cantidad de grupos musculares, produciendo la característica lesión de parálisis rígida.

Por otra parte, ahora se sabe que lo que se conocía como toxina botulínica es en realidad una molécula grande que forma un complejo llamado **toxina progenitora**, y a la toxina botulínica se la llama **toxina derivada**. Al parecer, el complejo protege a la toxina derivada de la acción del ácido y de las proteasas gástricas. La toxina derivada está formada por dos subunidades proteicas: una llamada **cadena pesada** (100 kDa) y una **cadena ligera** (50 kDa); ambas están conectadas por un puente de disulfuro. Originalmente, cuando la bacteria sintetiza y secreta la proteína completa (150 kDa), ésta es inactiva, por lo que se necesitan una serie de proteasas para dejar solamente los dos fragmentos que producen daño. La cadena pesada le sirve a la toxina para unirse a la membrana de las neuronas y permitir la entrada de la cadena ligera que tiene la actividad enzimática, lo que evita la salida de los neurotransmisores y produce una parálisis flácida.



Este ejercicio parecería sólo un breve recuento de cómo actúan estas toxinas, pero ahora debemos hablar de la posibilidad de usar estos microorganismos como agentes de bioterrorismo. Al consultar la página de la red del Centro de Enfermedades Transmisibles (CDC, por sus siglas en inglés) de Atlanta (EE.UU.) —<http://www.bt.cdc.gov>— uno de los doctores con más prestigio en asuntos de epidemiología y problemas microbiológicos, colocó el posible uso de la toxina botulínica para contaminar alimentos en cuarto lugar, detrás de *Yersinia pestis*, *Bacillus anthracis* y viruela (*variola major*). No menciona el uso de *C. tetani*. El punto a tomar en cuenta es que las toxinas de *Clostridium spp.* son de origen protéico por lo que son excelentes antígenos; esto significa que existe una amplia gama de productos biológicos para prevenir el tétanos. En nuestro país, desde hace más de 20 años, los niños reciben la vacuna triple, que contiene la protección contra difteria, tosferina y tétanos; además, se tiene la posibilidad de usar suero antitoxina para evitar los efectos de éstas. Así que, aunque el género *Clostridium* es de los más toxigénicos, su uso como arma biológica tendría un efecto limitado por las medidas preventivas que se han tomado desde hace mucho tiempo.

Cabe mencionar que, el grupo de clostridios histotóxicos, se presenta de manera frecuente en las explotaciones pecuarias, y por ello son los más conocidos por el gremio veterinario.

Sabemos que están afectando a los animales domésticos de nuestro país, y que el problema de miositis por *Clostridium sp.* (pierna negra, gangrena gaseosa y edema maligno) no se ha controlado y representa una importante pérdida económica para la ganadería, al igual que las infecciones por *C. perfringens*, que ocasionan las enterotoxemias (que tampoco son extrañas en nuestro medio), sin intervención de ningún miembro de alguna organización que quisiera, por medio del uso de estos agentes, desequilibrar la economía pecuaria de México.

LITERATURA RECOMENDADA

- Summanen P, Baron EJ, Citron DW, Strong CA, Wexler HM, Finegold, SM. Weadsworth anaerobic bacteriology manual. 5th ed. Los Angeles: Star Publishing Company, 1993.
- Levett PN. Anaerobic microbiology: a practical approach. New York: Oxford University Press, 1991.
- Salyers AA, Whitt DD. Bacterial pathogenesis a molecular approach. Washington, D. C: ASM Press, 1994.
- Hardie JM y Borriello SP editores. Anaerobies today. Great Britain: John Wiley & Sons LTD, 1988
- Carter GR y Chengappa MM. Bacteriología y micología veterinarias aspectos esenciales. 2a ed. México-Bogotá: El Manual Moderno, S.A. de C.V., 1991.
- Laskin AI, Lechevalier HA editores. Handbook of microbiology. Volume 1 Organismic microbiology. Cleveland Ohio: CRC Press, 1973.
- Quinn PJ, Carter ME, Markey BK, Carter GR. Clinical veterinary microbiology. London, UK: Wolfe Publishing, 1994.
- Krieg NR, Holt JG. Bergey's manual of systematic bacteriology. Baltimore, MD: Williams and Wilkins, 1990.



Daniel Martínez Gómez

Médico Veterinario Zootecnista egresado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, candidato al grado de doctor en el Programa de Doctorado y Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal.

Es ayudante de profesor "A" y profesor de asignatura "A" en el departamento de Microbiología e Inmunología de la misma facultad.

Ha participado como docente en diversos cursos relacionados con técnicas utilizadas en el laboratorio de microbiología molecular y patogénesis bacteriana, y como ponente en diversos foros y congresos con trabajos relacionados con *Brucella melitensis* y Brucelosis.

Recibió el premio "Pedro Hacha" en Salud Pública Veterinaria, que otorga la Organización Panamericana de la Salud y el premio "Constatino Ordoñez" por la mejor tesis de licenciatura en el área de investigación.

Departamento de Microbiología e Inmunología. FMVZ-UNAM. Circuito exterior, Ciudad Universitaria. CP 04510, México DF. Tel: (55) 56225896, (55) 56225897. Fax: 56225971. Correo electrónico: dmg@servidor.unam.mx

Brucella y el Bioterrorismo

Héctor Sandoval Monroy¹

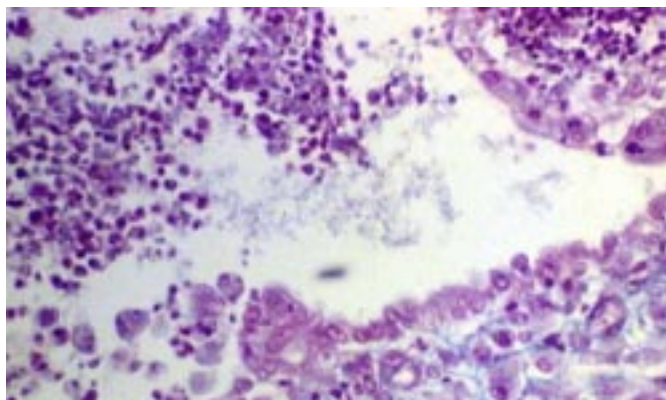
De una gran lista de bacterias patógenas, sólo algunas pueden ser consideradas como posibles agentes bioterroristas. El propósito de esta revisión es presentar las características que hacen de *Brucella* una opción para el bioterrorismo.

El verdadero bioterrorismo es más peligroso que los explosivos y los químicos. Con «verdadero» nos referimos a la fabricación de virus y bacterias a través de ingeniería genética, con conocimiento exacto de la biología del microorganismo. Lo anterior tiene un alto costo, resultado de equipar y mantener un laboratorio, contratar y capacitar personal especializado para producir estas armas biológicas. Esto sólo puede ser financiado por grupos organizados, con grandes fuentes económicas. Pequeñas organizaciones únicamente podrían crecer y diseminar algunas bacterias patógenas, sin manipularlas genéticamente, como el ántrax. Quizá el éxito de estos últimos se deba a que, hasta hace poco, ningún gobierno había preparado a su población para enfrentar un ataque de esta índole. Esto convierte a dichas armas biológicas en una amenaza importante, ya que los sistemas de vigilancia epidemiológica y centros de salud encargados de atender dichas contingencias no están preparados para diagnosticar y tratar este tipo de padecimientos. Esto crea la necesidad de que la comunicación entre gobierno y centros de investigación sea mucho más estrecha, y no se limite al simple financiamiento de proyectos; es necesario crear una agenda de investigadores expertos en cada área, que puedan intervenir cuando se presenten estos problemas.

El género *Brucella* está conformado por seis especies: *B. abortus*, *B. melitensis*, *B. suis*, *B. neotomae*, *B. ovis* y *B. canis*. Además, a partir de mamíferos marinos se han obtenido aislamientos llamados en conjunto *B. maris*. Investigaciones en genética molecular sugieren que *Brucella melitensis* sea considerada especie única del género y las especies restantes como biovariedades, cada una con preferencia hacia hospederos específicos. Literatura reciente ya utiliza esta nomenclatura.

Las brucelas son cocobacilos pequeños, Gram negativos, inmóviles y aerobios;

¹ MVZ por la FMVZ de la UNAM. Ayudante de profesor B en el Departamento de Microbiología e Inmunología de la misma facultad. Candidato al grado de maestría en. Su proyecto involucra el análisis del sistema de secreción tipo IV en la patogenidad de *Brucella melitensis*, mediante la construcción de bacterias mutantes y su internación en células fagocíticas. Correo electrónico: sandoval_monroy@correo.unam.mx



algunas especies crecen mejor en presencia de CO₂; están desprovistas de cápsula, esporas y flagelos; su metabolismo es de tipo oxidativo, tienen oxidasa, catalasa, ureasa y reducen nitratos a nitritos, no son hemolíticas, no fermentan azúcares en condiciones normales y no producen indol. No es un organismo exigente por lo que su cultivo se realiza en medios generales como TSA y agar *Brucella*.

El diagnóstico se lleva a cabo con métodos directos e indirectos.

MÉTODOS DIRECTOS	MÉTODOS INDIRECTOS
Aislamiento en medios de cultivo <ul style="list-style-type: none"> ◆ Identificación de especies por pruebas bioquímicas ◆ Identificación de biovariedades con antisueros monoespecíficos ◆ Tipificación con fagos 	Demostración de anticuerpos específicos en el enfermo <ul style="list-style-type: none"> ◆ Aglutinación de bacterias teñidas con rosa de Bengala (prueba con antígeno rosa de Bengala², prueba en tarjeta³) ◆ Aglutinación de bacterias no teñidas (prueba de aglutinación estándar²) ◆ Aglutinación de bacterias no teñidas en presencia de un agente reductor (prueba de 2-mercaptoetanol²) ◆ Aglutinación de bacterias teñidas en presencia de un agente precipitante de macroproteínas (prueba de rivanol³) ◆ Fijación de complemento³ ◆ Doble inmunodifusión en agar³ ◆ ELISA^{2,3} Demostración de anticuerpos específicos en productos animales <ul style="list-style-type: none"> ◆ Prueba de anillo en leche.

Las pruebas rosa de Bengala, rivanol, anillo en leche y fijación del complemento son las pruebas oficiales de la Campaña Nacional Contra la Brucelosis en los Animales.

Aunque *Brucella* no es exigente, para su aislamiento es necesario utilizar medios enriquecidos como agar sangre o

agar nutritivo con dextrosa al uno por ciento, ambos adicionados con suero bovino o equino al cinco por ciento y antibióticos como la polimixina, isoniacida, entre otros. En humanos se recomienda el hemocultivo en el medio bifásico modificado de Ruiz Castañeda. Las muestras animales apropiadas son: bazo, pulmones y contenido abomasal de fetos frescos, leche, cotiledones placentarios, bazo, testículos, nódulos linfáticos y secreciones vaginales. En humanos las muestras indicadas son sangre, médula ósea, nódulos linfáticos, líquido cefalorraquídeo y líquido sinovial.

Brucella melitensis es la causa de la mayor parte de los casos de brucelosis humana (se requieren de 10 a 100 microorganismos para producir la enfermedad) y sus hospederos preferenciales son ovinos y caprinos; los humanos son considerados hospederos accidentales. La transmisión humano-humano no ha sido descrita aún, por lo que los animales juegan un papel importante en la diseminación de la enfermedad. Su periodo de incubación es de 5 a 60 días y la enfermedad puede durar de días a meses, incluso años; de los miembros del género, esta especie causa la signología más severa en humanos. *Brucella melitensis* se encuentra ampliamente distribuida en el mundo, pero es particularmente común en países del litoral del Mar Mediterráneo, de la península Arábiga, Asia central y de algunas regiones de América Latina. Actualmente, los estados con mayor incidencia en México son Coahuila, Nuevo León, Sinaloa, Chihuahua, Guanajuato, y Jalisco.

La brucelosis se comporta como una enfermedad infecto-contagiosa que produce abortos en animales domésticos y problemas reproductivos, generando pérdidas económicas importantes en la ganadería. Esto es una de las causas por las cuales la brucelosis es considerada como agente bioterrorista. Diversos países han llevado a cabo acciones

² En muestras de humanos

³ En muestras de animales

para eliminar esta enfermedad de sus explotaciones, una diseminación de *Brucella* en estos países, puede causar pérdidas económicas graves al echar por tierra todas las acciones realizadas para el control de la enfermedad. En países en vías de desarrollo, como el nuestro, la brucelosis es endémica en algunas zonas, por lo que la diseminación del agente no afectaría la ganadería.

En humanos, la brucelosis se presenta como problema septicémico, que ocasiona fiebres severas (de allí el nombre de fiebre de Malta, enfermedad que causó miles muertes en 1854), además de afectar varios órganos. Lo anterior da como consecuencia que la enfermedad en el hombre presente sintomatología variada y atípica, que va desde artritis hasta meningitis severas. La enfermedad es de curso crónico insidioso, intercalado con periodos de mejoría aparente, que puede convertir al enfermo en un inválido físico y psíquico; el tratamiento es largo y consiste en aplicaciones repetidas de antimicrobianos. El esquema terapéutico que más se ha

empleado en México es el propuesto por el V informe FAO/OMS sobre brucelosis, el cual consiste en dos gramos diarios de tetraciclina oral asociado a un gramo diario de estreptomycin intramuscular durante, por lo menos, tres semanas. Actualmente, la vacunación en humanos no se practica como medida de prevención de la enfermedad, aunque en el pasado fueron utilizadas varias preparaciones, incluyendo la cepa viva atenuada de *Brucella abortus* cepa 19-BA y 104M; todas han tenido una eficiencia limitada y en los casos de vacunas vivas estuvieron asociadas con problemas serios de reacciones secundarias. El hecho de

que no exista una vacuna en humanos, hace de *Brucella* un agente útil para el bioterrorismo.

La patogenicidad de *Brucella* esta determinada por su capacidad de infectar células fagocíticas y no fagocíticas. Dentro de las células no fagocíticas, la bacteria tiende a localizarse en el retículo endoplásmico rugoso, de manera muy similar a *Legionella pneumophila*.

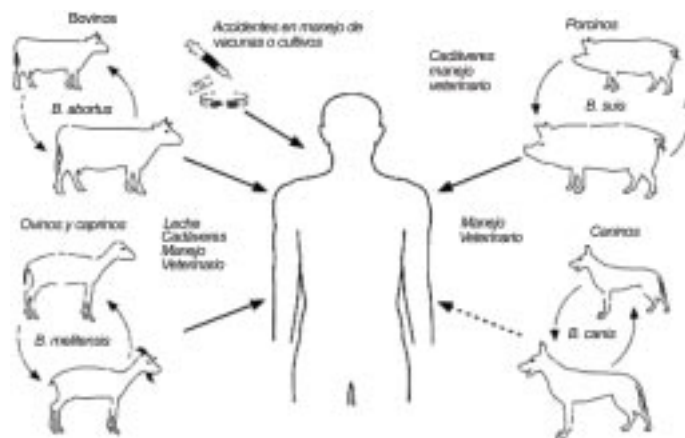
De los factores asociados a la virulencia de *Brucella* han sido descritos varios. El primero es el LPS⁴ del fenotipo liso, que tiene un papel importante en la supervivencia de la bacteria, pues mutantes rugosas son avirulentas. Por lo anterior se sugiere que la cadena O del LPS es determinante en la patogenicidad y que, junto con alguna proteína de la membrana externa, es responsable del bloqueo de la actividad

bactericida del suero y de macrófagos, lo cual permite a la bacteria sobrevivir dentro de fagocitos mononucleares y polimorfonucleares.

Otro factor que participa en la virulencia de *Brucella* es la producción de compuestos de 5 monofosfato de adenina y

guanina, los cuales inhiben la fusión fagolisosomal, activación del sistema de la mieloperoxidasa y la producción de factor de necrosis tumoral.

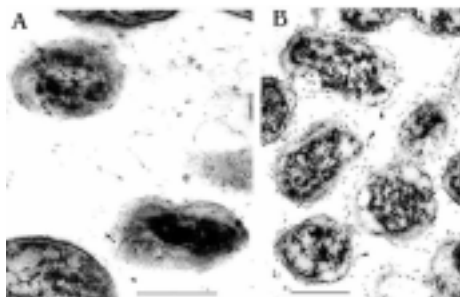
La producción de metabolitos dependientes de oxígeno (radicales superóxido y peróxido de hidrógeno) es uno de los mecanismos bactericidas de los macrófagos; para contrarrestarlos, algunas bacterias como *Brucella* contienen enzimas detoxificantes, dentro de este grupo están las superóxido dismutasas (SOD) y la catalasa.



⁴ Abreviaturas y términos utilizados: LPS, lipolisacárido de la membrana externa bacteriana. Fenotipo liso, cepas cuyo LPS contiene una cadena larga de carbohidratos, llamada O. Fenotipo rugoso, cepa cuyo LPS no contiene una cadena larga de carbohidratos.



En lo que se refiere a su comportamiento intracelular, *Brucella* es capaz de evadir la fusión de los fagosomas con los lisosomas, al evitar la unión de proteínas involucradas en este proceso, curiosamente solo brucelas virulentas se ubican en una región asociada al retículo endoplásmico, estableciendo así un nicho favorable para su replicación.



Las características anteriores nos hablan de una capacidad de *Brucella* para evadir la fusión fago-lisosomal, la cual es dependiente de la viabilidad de la bacteria, esto sugiere la existencia de mecanismos involucrados en este proceso, como los descritos en otras bacterias como *Salmonella*. Sin embargo, la búsqueda de estos en el genoma de *Brucella* no ha dado resultados positivos, lo que deja una interrogante amplia acerca de cómo *Brucella* evade los eventos normales de la fagocitosis.

Con respecto a lo anterior, se menciona la existencia de un mecanismo de secreción de proteínas, similar al utilizado por patógenos de plantas conocido como sistema de secreción tipo IV, el cual ha sido identificado en tres especies del género *Brucella*.

Finalmente, aunque el genoma ha sido totalmente secuenciado, los genes homólogos encontrados no sirven para entender la patogénesis de la brucelosis, y una parte importante de su genoma (aproximadamente el 20 por ciento) no tiene homología con nada descrito en la actualidad; curiosamente, esta parte desconocida es la que participa en

la patogénesis de la brucelosis.

A manera de conclusión, confirmamos lo que E. Moreno e I. Moriyón expresan: «*Brucella* es una sucia sabandija con credenciales ocultas para la virulencia», ya que no se han encontrado secuencias para la mayoría

de los factores de virulencia clásicos, y muchos aspectos relacionados con su virulencia son totalmente desconocidos. De esta forma, en caso de una pandemia de brucelosis, las acciones a tomar serían insuficientes para controlarla. Pero, como mencionamos antes, la manipulación de *Brucella* a cualquier nivel, implica capacitación y adquisición de material y equipo sofisticado, lo que se antoja viable sólo para algunos cuantos grupos en el mundo... ¿de dónde podría venir entonces el verdadero bioterrorismo?

LITERATURA RECOMENDADA.

- Del Vecchio VG, Kapatral V, Redkar RJ, Patra G, Mujer C, et al. The genome sequence of the facultative intracellular pathogen *Brucella melitensis*. Proc Natl Acad Sci USA 2002; 99:443-448.
- Boschirolti ML, Foulongne V, O'Callaghan D. Brucellosis: a worldwide zoonosis. Curr Opin Microbiol 2001; 4:58-64.
- Pizarro-Cerdá J, Moreno E, Gorvel JP. Invasion and intracellular trafficking of *Brucella abortus* in nonphagocytic cells. Microbes Infect 2000; 2:829-835.
- Ugalde RA. Intracellular lifestyle of *Brucella* spp. Common genes with other animal pathogens, plant pathogens, and endosymbionts. Microbes Infect 1999; 1:1211-1219.
- Gregory J, Moran MD. Biological terrorism: are we prepared? Emerg Med 2001 Nov; 16-34.



Estela Teresita Méndez Olivera

Médico Veterinaria Zootecnista egresada de la FMVZ-UNAM, Recibió el *Premio Constantino Ordoñez* por la mejor tesis de licenciatura en el año 1999. Candidata al grado de maestra en Ciencias de la Producción y Sanidad Animal.

Profesora de prácticas de laboratorio en la asignatura *Bacteriología y Micología Veterinaria* en el Departamento de Microbiología e Inmunología en la misma facultad.

Ha participado en congresos anuales de la Asociación Mexicana de Infectología y Microbiología Clínica y en las Reuniones Nacionales de Investigación Pecuaria, con trabajos relacionados con la patogenicidad de *Mycoplasma spp.*

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. Departamento de Bacteriología e Inmunología. Circuito exterior s/n Coyoacán México, CP. 04510. Teléfonos: 5622-5896, 5622-5897.

¿*Mycoplasma spp.* considerado como patógeno bioterrorista?

Mucho se ha hablado sobre los ataques bioterroristas, ¿pero realmente sabemos lo que esto significa? ¿Qué microorganismos pueden actuar como agentes bioterroristas? ¿Cómo es que un microorganismo puede llegar a causar tanto daño? ¿Estamos preparados para un ataque bioterrorista? Estas y muchas preguntas más se nos vienen a la cabeza cuando oímos la palabra bioterrorismo, sin embargo, hasta la fecha existen muchas dudas al respecto.

En este trabajo se analiza la posibilidad de que *Mycoplasma* pueda ser utilizado como agente bioterrorista.

Los micoplasmas son organismos procariotes de la clase *mollicutes* y de la familia *Micoplasmataceae* que carecen de muchas capacidades normalmente expresadas por otras bacterias. Su característica más notable es la ausencia de pared celular, quedando únicamente rodeados por una membrana trilaminar que da lugar a la característica morfológica de “huevo frito” en medios bacteriológicos sólidos; además, la falta de pared celular los hace resistentes a los antibióticos que actúan en este nivel. Poseen un tamaño pequeño, de aproximadamente 300nm, logrando pasar por filtros bacteriológicos desde 450 nm hasta 220 nm.

Los micoplasmas tienen genomas pequeños, con bajos contenidos de guanina y citosina (23-40 por ciento), pero ricos en adenina y timina. Como consecuencia de su limitado acervo genético, necesitan una íntima asociación con la superficie celular del huésped para poder satisfacer sus requerimientos nutricionales, que son muy exigentes.

Necesitan una alta cantidad de esteroides (colesterol) para integrarlas a su membrana y generar una estabilidad osmótica que les permita sobrevivir en condiciones fisiológicas normales. Cuando son cultivados en el laboratorio, se utilizan medios altamente enriquecidos con carbohidratos y aminoácidos como



fueron fuente de energía metabólica que se utilizarán para la síntesis de proteínas y de membrana.

Las características anteriormente mencionadas en un principio causaron controversia entre muchos investigadores y taxonomistas, se dudó incluso que *Mycoplasma* fuera un microorganismo procarionte. Con el tiempo se han desarrollado muchas teorías al respecto, pero la más aceptada es la del doctor Edward D.G., en la que explica que los micoplasmas fueron las bacterias más primitivas que se desarrollaron, las cuales dieron lugar a las bacterias que hoy conocemos. Sin embargo, los investigadores no se han conformado con estas teorías, y para descartar o confirmar sus hipótesis se han realizado diversos estudios; entre los más destacados están el análisis de DNA y de la secuencia 16S rRNA; ahí se ha encontrado alta homología con los miembros del género *Clostridium*.

Dentro del género *Mycoplasma* se han reconocido 95 especies patógenas que afectan a humanos y animales. Es importante decir que los micoplasmas se consideran especie-específicos, por ejemplo, *Mycoplasma bovis* únicamente afecta a los bovinos y no a otra especie, esto nos habla de una alta adaptación de los micoplasmas a su hospedero.

¿CÓMO PRODUCE DAÑO EL MYCOPLASMA?

Mycoplasma generalmente se comporta como un patógeno secundario, y aprovecha cuando el hospedero se encuentra inmunosuprimido para producir daño. Una vez ubicado en su nicho (conjuntiva, cavidad nasal, orofaringe, laringe, tracto intestinal y tracto genital), el microorganismo invade y se replica. Tal vez lo anterior suene muy fácil, pero al microorganismo le resulta un tanto complicado, por ello debe utilizar los factores de virulencia (lipopolisacáridos, toxinas, enzimas y adhesinas) que le facilitan la tarea. Aunque el genoma de *Mycoplasma* es pequeño, contiene los factores de patogenicidad necesarios para causar la enfermedad. En este microorganismo la búsqueda de factores patógenos comunes a otras bacterias no ha dado resultados positivos,

lo que dificulta entender sus procesos de patogenicidad. Una vez que la bacteria ha invadido y se ha multiplicado dentro del huésped, el problema puede llegar hasta un cuadro septicémico.

El tratamiento contra *Mycoplasma* es específico, largo y costoso; además el diagnóstico es complicado y lento.

¿MYCOPLASMA PUEDE CONSIDERARSE AGENTE BIOTERRORISTA?

Para que un microorganismo pueda considerarse un agente bioterrorista necesita cumplir con varias características:

1. El agente biológico debe dispersarse en forma de aerosol. En *Mycoplasma* esta es la vía de infección principal, en segundo término el contacto sexual y por último la vía placentaria.
2. El agente biológico debe permanecer viable (capacidad de infectar) por largos periodos en el ambiente. Aunque *Mycoplasma* es lábil a los rayos solares, tenemos que considerar muchas especies animales que se encuentran invadidas por este microorganismo, sin que sepamos de dónde proviene la infección. Esto nos habla de algunas características de sobrevivencia de *Mycoplasma* que nos son desconocidas.
3. No debe existir vacuna. Para el caso de *Mycoplasma* existen varias vacunas en el mercado, con una buena efectividad.
4. Que exista tratamiento. Para *Mycoplasma* sí existe tratamiento, aunque, como lo mencionamos anteriormente, es largo y costoso.
5. Que el microorganismo sea patógeno. *Mycoplasma* es capaz de producir infecciones severas en animales y personas inmunocomprometidas, como mujeres gestantes o personas VIH positivas.

Actualmente, varios grupos trabajan aspectos relacionados con la patogenicidad, nuestro grupo demostró, por medio de ensayos enzimáticos (lactato deshidrogenasa) en cultivos celulares, que *Mycoplasma*



tiene la misma capacidad citotóxica que *Staphylococcus aureus* (agente altamente citotóxico).

Otros grupos siguen trabajando en diferentes aspectos y, poco a poco, se van descifrando las incógnitas con respecto a este microorganismo.

De lo anterior, podemos concluir que *Mycoplasma* difícilmente podría considerarse agente bioterrorista; aunque cumple con varios aspectos, no debemos perder de vista que se encuentra presente en casi todas las regiones del mundo. ¿Acaso estaremos conviviendo con un agente bioterrorista sin darnos cuenta?

LITERATURA RECOMENDADA

- Edward DG, Freundt EA. The classification and nomenclature of organisms of the pleuropneumonia group. *J Gen Microbiol* 1956; 14:197-207.
- Maniloff JC, McElhaney RN. *Mycoplasmas*. Molecular biology and pathogenesis. Washington, D.C: American Society for Microbiology 1992.
- International Committee on Systematic Bacteriology Subcommittee on the Taxonomy of Mollicutes. Revised Minimum Standards for Description of New Species of Class Mollicutes (Division Tenericutes). *Int J Syst Bacteriol* 1995; 45: 605-612.
- Carter RG. *Fundamentos de Bacteriología y Micología Veterinaria*. 2 ed. España: Editorial Acribia, 1991.
- Gregory J, Moran MD. Biological Terrorism: Are we prepared? *Emerg Med* 2001 Nov : 16-34.



Juan Antonio Montaño Hirose

Médico veterinario zootecnista por la FMVZ de la UNAM. Maestro en Ciencias (Bioquímica) de la Universidad Federal de Paraná, en Brasil. Doctor en Ciencias de la Vida (Inmunología) del Departamento de Virología del Instituto Pasteur de París. En Brasil, donde vivió 10 años, fue simultáneamente Jefe del Sector de Inmunología y del Sector de Virología del Instituto de Tecnología de Paraná. El Gobernador del Estado de Paraná le concedió el premio "Pergamino de Ouro" por sus contribuciones profesionales para el desarrollo del estado.

Fue repatriado a México por el Conacyt y actualmente es Profesor Titular "C" de Tiempo Completo Interino en el Departamento de Microbiología e Inmunología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Correo electrónico: hirose@servidor.unam.mx



El virus del Nilo Occidental, un problema emergente



A todos nos gusta pensar que los problemas sólo existen para los demás, que ocurrieron en el pasado y no volverán, o que, de alguna manera, somos inmunes a las calamidades ajenas. Aunque muchas tragedias de la historia sucedieron inesperadamente, una vez ocurridas no faltaron quienes proclamaron que eran completamente previsibles y aun evitables. Hay algunos que nos gustaría culpar a otros de nuestras deficiencias, como cuando nos referimos a enfermedades que la pobreza provoca.

Sin embargo, muchas desgracias, principalmente las causadas por enfermedades son previsibles, sobre todo si ya nos amenazan. ¿Qué podemos hacer? ¿Pensar que a nosotros no nos afectará, que no la pudimos evitar, que la culpa es de otro país?

Actualmente, el mundo está preocupado por la posibilidad de la utilización de agentes biológicos como armas bioterrorista; sin embargo, al mismo tiempo, y sin recibir prácticamente ningún espacio en los noticiarios¹, enfermedades infecciosas causadas por otros virus afectan a las poblaciones más desposeídas del planeta. Tales son los casos de fiebre del Valle del Rift (Egipto), Ébola (Gabón y Congo), dengue (Brasil y Cuba), diarrea por rotavirus (El Salvador), fiebre amarilla (Bolivia y Brasil) y síndrome pulmonar por *hantavirus* (Navajos en Estados Unidos de América y Brasil).

El dengue es la infección viral transmitida por artrópodos más común y diseminada en el mundo. Su distribución geográfica, incidencia y severidad están en aumento en América Latina, el Mediterráneo oriental, el sudeste asiático y el Pacífico occidental. Antes de 1970, sólo nueve países habían experimentado brotes de dengue hemorrágico, la forma más maligna de la enfermedad; pero, en 1998,

¹ En los medios masivos de comunicación, no prensa especializada.

56 países informaron de 1, 200, 000 casos de fiebre hemorrágica: un brote sin precedentes (<http://www.who.int/wer/pdf/2002/wer7706.pdf>).

Pero no sólo hay que temer el recrudescimiento de enfermedades conocidas y la aparición de otras nuevas, sino también el desplazamiento de algunos virus a territorios distantes, completamente nuevos. Es lo que sucedió recientemente, en el verano de 1999, cuando el virus del Nilo Occidental (VNO) se identificó por primera vez en el hemisferio occidental. Este virus amenaza con invadir todo el continente, comenzando por la ciudad de Nueva York.

Este hecho marcó la primera introducción en la historia reciente de un flavivirus del viejo mundo al nuevo. Sin embargo, los Estados Unidos de América no son los primeros en reportar actividad nueva en humanos y otros animales. Ya se han documentado expansiones de otros flavivirus. Los diferentes tipos del virus del dengue (probablemente el flavivirus patógeno más importante para el hombre) se han diseminado a partir de sus raíces en Asia, llegando a todas las regiones tropicales. El virus de la encefalitis japonesa ha aparecido recientemente en las costas septentrionales de Australia y probablemente se convertirá en una enfermedad endémica en ese país. Las incursiones del flavivirus en nuevas áreas continuarán conforme aumenten el comercio y los viajes internacionales.

El VNO se aisló por primera vez en 1937, en el distrito del Nilo Occidental, en la República de Uganda.

Desde entonces han ocurrido brotes en humanos de forma irregular, de éstos destacan los de Israel (1951 a 1954) y Sudáfrica (1974). Desde mediados de la década de los noventa han surgido tres tendencias muy preocupantes:

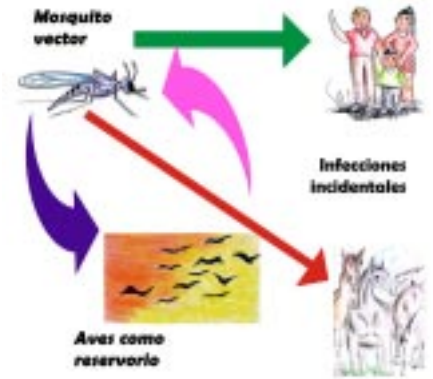
1. Aumento en la frecuencia de los brotes en

humanos y equinos (Rumania y Marruecos en 1996; Túnez en 1997; Italia en 1998; Rusia, Estados Unidos de América e Israel en 1999; e Israel, Francia y Estados Unidos de América en el 2000).

2. Aumento en el número de casos en humanos (393 casos en Rumania en 1996, 942 casos en Rusia y 62 en Estados Unidos de América

en 1999; 417 casos en Israel en 2000).

3. Altas tasas de mortalidad en aves, simultáneas a los brotes en la población humana (en Israel y en los Estados Unidos de América).



¿QUÉ ES ESTE VIRUS?

El VNO es miembro del género *Flavivirus* de la familia *Flaviviridae*. Los flavivirus tienen una cápside icosaédrica de 30 a 35nm de diámetro, compuesta por múltiples copias de un capsómero de 12kDa. La cápside contiene una cadena única de ARN con polaridad positiva, de aproximadamente 12,000 nucleótidos. La cápside está cubierta por una envoltura derivada de la membrana celular del hospedero, modificada por la inserción de dos glicoproteínas: E (53kDa) y prM (18-20kDa). El virión mide de 45 a 50nm de diámetro. En la etapa final de la maduración viral, la proteína prM es cortada a M (8kDa) por una proteasa celular; posteriormente esta proteína M se incorpora al virión.

El genoma también codifica siete proteínas no





Diagrama del virión de los flavivirus. Una nucleocápside icosaédrica (aquí se muestra la mitad) encierra el ARN viral. El virión tiene una envoltura derivada de las membranas de la célula hospedera. La glicoproteína E, una proteína de membrana integral, se arregla en homodímeros (cabeza a cola) y se asocia con otras proteínas de membrana integral (proteína prM en viriones inmaduros).

estructurales (NS1, NS2a, NS2b, NS3, NS4a, NS4b y NS5) que componen la maquinaria para la replicación del virus. La glicoproteína E, la proteína estructural más importante desde el punto de vista inmunológico, es la hemoaglutinina viral y, además, media la adhesión del virus con la célula hospedera e induce la producción de la mayoría de los anticuerpos neutralizantes.

Las extremidades 5' y 3' tienen regiones no traducidas. El genoma codifica diez proteínas, tres de ellas son estructurales (C, M y E) y siete son no estructurales (NS1, NS2a, NS2b, NS3, NS4a, NS4b y NS5). La proteína M se sintetiza en forma de precursor (prM), y se procesa a pr+M al final de la maduración del virus gracias a una convertasa.

El VNO pertenece al complejo viral de la encefalitis japonesa, que comprende varios virus asociados con encefalitis humanas: VEJ, ESL, EVM y KUN (subtipo de VNO).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL COMPLEJO VIRAL DE LA ENCEFALITIS JAPONESA.		
Virus	Siglas	Distribución geográfica
Cacipacore	CPC	Sudamérica
Koutango	KOU	África
Encefalitis japonesa	VEJ	Asia y Oceanía
Encefalitis del Valle de Murray	EVM	Australia
Aflui	ALF	Australia
Encefalitis de San Luis	ESL	Norte y Sudamérica
Encefalitis del Nilo Occidental	VNO	África, Asia, Europa y Norteamérica
Kunjín	KUN	Australia
Yaundé	YAO	África

Los flavivirus se caracterizan por estar relacionados antigénicamente (se observan reacciones cruzadas en las pruebas serológicas de laboratorio). Los miembros del complejo viral de la encefalitis japonesa están todavía más

relacionados, y se necesitan pruebas más especializadas (como las de neutralización) para identificar al flavivirus infectante.

Las modernas técnicas de secuenciación permiten caracterizar diferentes aislamientos del VNO. Actualmente se puede clasificar al virus en dos líneas. Los virus de la primera son los únicos que pueden causar encefalitis en humanos, mientras que los de la línea segunda son enzoóticos en África.

EEUU autorizó en 2001, el uso de una vacuna inactivada y experimental contra la encefalitis del Nilo Occidental, producida en cerebros de ratón lactante, para usarse exclusivamente en equinos (éstos deben vacunarse también contra la encefalitis equina del este).

El VNO se ha desplazado por la costa atlántica estadounidense hasta los estados de Georgia y Florida. En septiembre de 2001, un médico veterinario de Bainbridge, Georgia, examinó un perro Labrador con signos "clásicos de problemas neurológicos".² Los exámenes de laboratorio indicaron la presencia de anticuerpos (1:16) contra el VNO. Una segunda muestra, tomada dos semanas después, dio resultado negativo. El animal resultó sin infección de VNO. De hecho, una investigación serológica realizada en perros de la ciudad de Nueva York en 1999 reveló un porcentaje de seroconversión entre el cinco y el once por ciento.

Sólo en Florida, en el año 2001, se reportaron doce casos de VNO en humanos, más de 1,000 aves muertas, cerca de 200 pollos centinelas y más de 400 caballos positivos. En México, el autor encontró en una ocasión (en 1999) una decena de aves muertas en un estacionamiento y las envió a la Comisión México-Estados Unidos para la Prevención de la Fiebre Aftosa y otras Enfermedades Exóticas de los Animales, las pruebas de encefalitis viral resultaron negativas.

² En 1982 se reportó un caso clínico de VNO en un perro en Botswana.

El VNO se ha establecido firmemente en los Estados Unidos de América (ya se detectó en 27 estados y el distrito de Columbia). Hasta hoy ha matado cientos de miles de cuervos y 16 personas, se ha detectado en 80 especies de aves y 22 de mosquito, además en caballos, murciélagos, gatos, conejos y otros animales. Se estima que por cada persona que



presenta síntomas de la enfermedad, hay entre 100 y 200 que se infectan pero no presentan síntomas. La previsión es que para 2002 el virus llegue al Oeste de los Estados Unidos (actualmente ha llegado a Missouri y Arkansas) y Texas.

Más información, en la página de ProMed:
<http://www.promedmail.org/pls/askus/f?p=2400:1000>

DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA E INMUNOLOGÍA DE LA FMVZ

Este Departamento tiene bajo su responsabilidad la docencia, la investigación y los servicios al público. Con relación a la primera, se imparten materias teórico-prácticas de la licenciatura, como Inmunología, Virología y Bacteriología, y Micología; además de la Especialidad en Diagnóstico Veterinario. También se ofrecen cursos y tópicos selectos en posgrado, cada semestre, además de talleres de actualización, apoyo a especialidades de otros departamentos, conferencias en foros nacionales y extranjeros, entre otros.

Los servicios que se ofrecen son: diagnóstico en bacteriología y micología, serología, virología, y en constatación de biológicos. La Unidad de Aislamiento y el Laboratorio de Serología están autorizados por la Dirección General de Salud Animal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para funcionar como laboratorio de análisis clínicos para brucelosis y tuberculosis.

Actualmente, en investigación se trabaja en la redefinición de líneas prioritarias, las cuales, a su vez, se subdividen en proyectos; sin embargo, en fechas próximas, algunas de ellas pudieran estar consideradas en campañas nacionales de control y erradicación (brucelosis en bovinos y caprinos, salmonelosis aviar y tuberculosis bovina).

En este momento, se desarrollan investigaciones acerca de leptospirosis, bordetelosis, micosis cutáneas, micoplasmosis, clamidiosis, flora intestinal del cerdo, seroepidemiología de enfermedades infecciosas, métodos alternativos y moleculares de diagnóstico y microbiota de animales silvestres (lobos marinos y felinos). De los microorganismos involucrados en estos proyectos, sólo la *Brucella melitensis melitensis* y la *Brucella melitensis abortus* se han enlistado como bacterias de potencial uso para el bioterrorismo.

Los trabajos en brucelosis los realizan dos grupos de investigación: uno encabezado por el doctor Francisco Suárez Güemes, desde hace 25 años; y en el que han participado académicos del departamento en colaboración con investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias y de la universidad de Texas A&M. Producto de esta investigación, se han titulado estudiantes de licenciatura y de posgrado; se han publicado artículos en revistas nacionales e internacionales y se han presentado resultados en diversos foros. El objetivo de este grupo se enfoca, principalmente, a la evaluación de diferentes inmunógenos contra la *B. melitensis abortus* (cepas RB51, S19 y rbfK) y la *B. melitensis melitensis* (Rev-1). En el ámbito del diagnóstico, han aportado resultados que incidieron para la elaboración de la Norma Oficial Mexicana. También diseñaron un sistema de ELISA para la detección de brucelosis en caprinos, usando proteínas de la membrana externa de la *B. melitensis melitensis*. Asimismo, hicieron un banco genómico de expresión de esta bacteria y de algunos genes clonados secuenciados y publicados.

El segundo grupo lo encabeza el doctor Antonio Verdugo Rodríguez, y estudia la patogénesis molecular de la brucelosis desde un enfoque biotecnológico. Este proyecto, enmarcado en el área de microbiología celular, es reciente y consiste en: la generación de mutantes, mediante el uso de los sistemas de selección negativa y de la proteína verde fluorescente; algunas de ellas serán útiles para estudiar los genes relacionados con la supervivencia intracelular en células fagocíticas y no fagocíticas, y las señales de la célula huésped. Además, se seleccionarán mutantes que se evaluarán como potenciales inmunógenos.

Por otro lado, se han mutado específicamente genes del sistema de secreción tipo IV relacionado con la sobrevivencia en macrófagos. En colaboración con un grupo del Instituto de Biotecnología de la UNAM, se evalúan péptidos sintéticos, diseñados a partir de secuencias de proteínas de la membrana externa de la *B. melitensis abortus* y la *B. melitensis melitensis*, como potenciales vacunas submoleculares contra la brucelosis. Por último, con estrategias serológicas y moleculares, se detecta la presencia de la *Brucella* en lobos marinos, presuntamente la *B. melitensis maris*.

Información proporcionada por: Antonio Verdugo Rodríguez, jefe del Departamento de Microbiología e Inmunología.



Hilda Castro Gámez

Egresada de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, especialista en mejoramiento genético. Docente del Departamento de Genética y Bioestadística de la misma facultad durante las últimas tres décadas, en licenciatura y posgrado. Ha trabajado en el gobierno estatal de Morelos como coordinadora de los Programas de Mejoramiento Genético de la Secretaría de Agricultura, y ha colaborado desde el inicio de los noventa en el Programa de Mejoramiento Genético del Ovino Chiapas y del Pelibuey. Ha participado en más de 30 eventos científicos nacionales y 20 internacionales, con los resultados de la investigación.

Por invitación de la Secretaría de Relaciones Exteriores, la Organización de Estados Americanos, la Organización Mundial para la Agricultura y Alimentación (FAO) y el Gobierno de Cuba ha participado en asesorías internacionales.

Es socia fundadora de la Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinos y del Consejo Nacional de los Recursos Genéticos.

La estructuración participativa de bases de datos en evaluaciones genéticas: el caso del borrego Chiapas

Raúl Perezgrovas Garza¹, Guadalupe Rodríguez Galván¹, Lourdes Zaragoza Martínez¹

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL CONTROL DE PRODUCCIÓN?

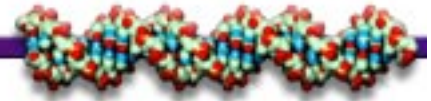
Algunas personas no le encuentran sentido a la Historia y muchas podrían no relacionarla con la producción animal. Sin embargo, ella representa un pilar importante en el mejoramiento genético, ya que es una forma práctica de supervisar los resultados de las decisiones tomadas y acciones realizadas. Por ejemplo: cuando se decide utilizar determinados sementales para producir la siguiente generación, al obtener a sus crías, comparamos las diferencias y semejanzas entre ambas generaciones (la de los padres con la de los hijos); el resultado nos ayuda a tomar la siguiente decisión que corresponda al avance de la productividad en la unidad de producción.

Los trabajos realizados sobre mejoramiento de producción animal datan desde que se domesticó a los animales. Por supuesto, los recursos de hoy son diferentes a los de aquella época, y siguen modificándose. Durante los últimos 50 años, el conocimiento generado a partir de la observación, de la experimentación y de la investigación también es diferente; con base en este conocimiento, ahora contamos con nuevas herramientas para optimizar los recursos genéticos animales.

BASES DE DATOS

¿Qué se 'quiere' decir con esto y qué entendemos por esto? Los resultados saltan a la vista en el desarrollo de la ovinocultura nacional. La ausencia del control productivo en la mayoría de las unidades de producción ovina y, como consecuencia, la ausencia de una base de datos en el ámbito regional y nacional, ha impedido el conocer qué tenemos y con qué contamos, conocimiento indispensable para sustentar las decisiones

¹ Instituto de Estudios Indígenas - UNACH.



de qué hacer, cómo hacerlo, e incorporar o no, a nuestros rebaños animales que vienen de ambientes diferentes a los de nuestras unidades de producción.

Esto nos hace intuir que cada cual entiende o interpreta la producción animal de acuerdo con su particular circunstancia, manteniendo un comportamiento bien estructurado y repetitivo, ahorrando esfuerzos por definir, para empezar, el objetivo de producción, que dirige el qué hacer y cómo hacer a través de la información de producción del rebaño.

En un trabajo reciente¹ aprovechando el conocimiento práctico, la experiencia, de las personas dedicadas a la ovinocultura, a través de un cuestionario diseñado *ex profeso* y aplicado a técnicos y productores, se hizo la comparación de lo que la teoría dice sobre las **bases de datos como sustento de la evaluación genética de los animales**, con la práctica que están realizando los ganaderos de nuestro país. Encontramos que solamente en el 0.9 por ciento la teoría coincide con la experiencia; si a esto le aunamos los resultados en 'el desarrollo' contemporáneo de la producción ovina nacional, nos damos cuenta que lo único que nos queda es tomar el riesgo del desafío que nos presentan los resultados y hacer algo diferente, para que con el trabajo de todos encontremos el camino para estructurar y ejecutar la evaluación genética de los ovinos en el país.

Considerando que cada persona entiende la importancia del control de producción de acuerdo a su circunstancia —por lo que el asunto es tan fácil o tan complicado según lo que estemos dispuestos a hacer—, intuimos que al lograr la prosperidad dentro de cada rebaño, en cada productor, en cada persona involucrada con la cría de ovinos, se favorece el desarrollo desde la base y, por ende, el crecimiento de la ovinocultura nacional.

Así, lo que hicimos fue vinculamos con pastoras indígenas de Chiapas estableciendo una comunicación interactiva sobre los

intereses, la disposición y los recursos mutuos. Ya inventariada, reconocida y aceptada esta condición, inició nuestro trabajo conjunto.

En este documento compartimos nuestra experiencia, en donde hemos logrado facilitar la estructura de los formatos de control de producción dentro del contexto particular de la producción de ganado lanar en Los Altos de Chiapas, sirviéndonos de éstos para caracterizar la población y hacer propuestas de mejoramiento productivo.



EL BORREGO CHIAPAS

Como marco conceptual, baste decir que la población ovina en el estado de Chiapas se estima en alrededor de 320,000 cabezas, de las cuales el 56 por ciento se encuentra en manos de pastoras indígenas (principalmente de la etnia Tzotzil) en la región montañosa de Los Altos, en los municipios de Chamula, Zinacantán, Teopisca y San Cristóbal de Las Casas. La Sierra Madre es la segunda región borreguera del Estado; esta se localiza en la frontera con Guatemala y la práctica ovina está a cargo de la familia campesina mestiza.

El ovino local deriva de troncos autóctonos españoles y se ha mantenido prácticamente aislado durante varios siglos desde su introducción al inicio de la época colonial. Estos animales presentan un vellón de doble capa formado por mechas cónicas que contienen fibras largas-gruesas y fibras cortas-finas.

En las montañas de Los Altos de Chiapas las ovejas son criadas principalmente por pastoras indígenas, quienes cuentan con objetivos claros de producción. El sistema tradicional de manejo está basado en la observación y en las prácticas empíricas de manejo que se han transmitido en forma oral de generación en generación. Un ejemplo de ello se presenta en el cuadro 1 con el análisis etno-veterinario de algunos aspectos del manejo tradicional de los borregos en las comunidades tzotziles y su impacto en la salud del rebaño.

¹ Este trabajo se hizo con el objetivo de identificar los obstáculos que influyen en la estructuración de un programa de mejoramiento genético. Los resultados pueden consultarse en el artículo publicado por Castro *et al.*, 1998.

CUADRO 1. PRÁCTICAS TZOTZILES DE MANEJO DEL REBAÑO Y SU REPERCUSIÓN SANITARIA

Prácticas empíricas	Repercusión sanitaria (una interpretación)
Desplazamiento regular de corrales.	Las formas larvarias de los parásitos no alcanzan su estado infectante.
Uso de bozales durante el traslado a las áreas de pastoreo.	Las ovejas no pueden consumir flora nociva.
Uso de recipientes para abrevar.	No se consume flora nociva cerca de los arroyos y ojos de agua.
Conocimiento de la flora nociva.	Se impide el acceso a las áreas potencialmente peligrosas.
Pastoreo hasta que el sol está 'alto'.	Se evita el consumo de parásitos en fases infectantes, los cuales se encuentran en el rocío de las plantas.
Uso de la herbolaria medicinal.	Tratamiento de animales enfermos.

Fuente: Perezgrovas (1999)

Las acciones de investigación también se están desarrollando en la Sierra Madre, lo que ha generado información que indica claramente que, aun siendo el mismo tipo de ganado lanar, existen diferencias socioculturales —derivadas de historias de poblamiento diferentes— que resultan en dos formas distintas de practicar la ovinocultura.

El ovino en la región de la Sierra se encuentra básicamente en **sistemas de producción de autoconsumo**, donde el objetivo principal es obtener estiércol para fertilizar la parcela familiar. Además, existen algunas cooperativas dedicadas a los cultivos orgánicos (hortalizas y café) que cuentan con líneas de comercialización que obtienen excelentes precios en el mercado internacional. En el cuadro 2 se muestran las diferencias básicas que existen entre la ovinocultura de Los Altos y la Sierra.

CUADRO 2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA OVINOCULTURA EN DOS REGIONES DE CHIAPAS

Sierra Madre	Los Altos
Los ovinos son atendidos por todos los miembros de la familia.	Los ovinos son atendidos sólo por las mujeres.
El objetivo principal es la producción de estiércol para fertilizar los cultivos.	El objetivo principal es la producción de lana para tejer la ropa tradicional, y para venderla junto con algunas artesanías.
La lana se vende a los acopiadores de la región de Los Altos a precios muy bajos: entre cinco y diez pesos por kilo.	La lana se autoconsume, y en el caso de la venta de los vellones, éstos alcanzan precios hasta de 120 pesos.
El tamaño común de los rebaños es de 25 a 30 animales, sin importar el sexo del animal.	El tamaño común de los rebaños es de diez animales, en su mayoría hembras.
La carne de los borregos se consume, principalmente durante las festividades.	Los borregos están considerados como sagrados, nunca se sacrifican y no se consume la carne.
El borrego es un sujeto que ayuda a solventar los problemas económicos.	El borrego se considera como un miembro de la familia.
La venta de animales es más común.	Difícilmente se venden los animales.

Fuente: Zaragoza y Rodríguez (1997)

Datos logrados a partir de los trabajos de investigación generados en el Instituto de Estudios Indígenas de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), permiten dimensionar las características de la ganadería ovina en estas dos regiones.

El municipio de San Juan Chamula es el que tiene mayor densidad de ovinos en la República, con rebaños pequeños atendidos por mujeres indígenas.

Las pastoras indígenas contribuyen hasta con el 36 por ciento del ingreso familiar a través de la confección de su ropa y la venta de animales y artesanías.

El precio del vellón de aproximadamente 700 gramos se cotiza entre \$60.00 y \$120.00 pesos y los más apreciados son los de lana larga de color negro.

Dentro de los trabajos de conservación y utilización del borrego Chiapas que realiza el grupo de investigación sobre estrategias de subsistencia (Instituto de Estudios Indígenas-UNACH), tanto en la región de Los Altos como en la Sierra Madre, destaca el enfoque de Investigación Interactiva, es decir, los usuarios de los resultados son integrantes activos del grupo de investigadores, incorporando su visión como beneficiarios finales dentro del diseño y la ejecución de los programas.

A continuación, compartimos diferentes aspectos de la investigación-acción que se han desarrollado en la ovinocultura indígena y campesina de Chiapas. Éste es un ejemplo de la decisión de las personas comprometidas con el trabajo en equipo, sumando cada uno el trabajo que le corresponde de acuerdo al objetivo común, aprovechando el potencial que poseen los animales criollos, obteniendo más que la suma del trabajo individual de cada uno de los integrantes del equipo.

EL CONOCIMIENTO EMPÍRICO

Para las pastoras indígenas de Chiapas, el control de sus ovejas así como su base de datos empírica son fáciles de llevar, pues solamente tienen en promedio diez borregos. Estos se consideran como parte de la familia, reciben un nombre propio y se les reconoce de manera individual: expansión del contexto familiar



al contexto del ganado; como lo hacemos todas las personas con respecto a los integrantes de nuestra propia familia, sabemos quién es quién, quién hace qué, quién produce qué, quién es hijo de quién, quién se enferma de qué; en fin, tenemos incorporada nuestra base de datos.



Sin embargo nuestra concepción —la de los técnicos— sobre el control de producción como sustento de la base de datos, era diferente: había que registrar de forma objetiva, los eventos de todos y cada uno de los ovinos en el rebaño. Es decir, había que tomar nota en un cuaderno, en hojas, tarjetas o, mejor aún, en computadora, toda la información que consideráramos importante para realizar la evaluación genética de los animales. No nos dábamos cuenta que la forma objetiva estaba frente a nosotros, puesto que durante 500 años, las pastoras, sin obligación pero sí con compromiso, han ejercido y ejercen su profesión de la ganadería lanar empírica y su conocimiento generado lo transmiten en forma oral de una generación a la siguiente.

Los técnicos habíamos obviado el contexto en el cual estábamos trabajando: una población en su mayoría analfabeta, viviendo en 'extrema pobreza', que sólo habla su lengua, pero con una gran riqueza en experiencia y mejor aún, con su disposición a compartirla no únicamente con los suyos sino también con nosotros. Ante esta confrontación, no nos quedaba otro camino más que retomar nuestro compromiso y corresponder con lo que sabemos, contribuyendo a la experiencia de las pastoras y aprendiendo de ellas.

DEL DISCURSO A LA ACCIÓN

A partir del interés y compromiso de los investigadores del Instituto de Estudios Indígenas de la UNACH, y de la colaboración de académicos de otras instituciones como la

UNAM y las Secretarías de Agricultura de los gobiernos federal y estatal, entre otras, desde 1992 se cuenta con un rebaño que funciona como **núcleo abierto de selección**. En este programa de mejoramiento genético, las pastoras indígenas participan directamente definiendo el

objetivo de producción y los criterios de selección, y escogen a los animales que serán los progenitores de la siguiente generación.

Ahora contamos con control de producción para el rebaño núcleo, que es el sustento de la base de datos que utilizamos para los trabajos de investigación y de la evaluación genética, para la cantidad y calidad de lana producida por trasquila. La información que se registra es la siguiente:

Empadre. Se realiza un empadre controlado, asignando el semental correspondiente a cada grupo de hembras de acuerdo a su color o variedad fenotípica (blanco, café y negro) y evitando la consanguinidad. Es en este momento cuando se registra a los progenitores de las futuras crías.

Al nacimiento. Se registra la fecha, el peso, el sexo y el color (variedad) del cordero, así como su propia identificación, que incluye el año de nacimiento y un número progresivo; también se registra la identificación de la madre. La del padre ya se tiene registrada al momento de realizar el empadre.

Al destete. Fecha, peso y sexo del cordero. También se registra el color (variedad), para establecer los cambios y rectificar o ratificar el fenotipo identificado al nacer.³

Las trasquilas se realizan semestralmente: en primavera y en otoño.

³ Se ha documentado el cambio de tonalidad en el color del vellón, principalmente en corderos negro y café nacidos de progenitores de color café.

Previo a la trasquila. Con las pastoras indígenas se realiza la evaluación de la calidad del vellón de acuerdo con el sistema desarrollado en forma conjunta con ellas. Ellas eligen a los mejores animales, desde los corderos en su primera trasquila hasta los animales que tienen dos años (cuarta trasquila), y los prospectos a sementales.

En cada sesión de trabajo, un grupo de dos a cuatro pastoras y artesanas indígenas evalúan con criterios empíricos:

a) El largo del vellón, que determinan midiendo las mechas en varias regiones corporales con los nudillos y los dedos de sus manos. Su sistema manual de medición resulta en una



serie de longitudes diferentes que tienen una correlación alta y significativa con el sistema métrico decimal ($r=0.77, P<0.01$).

b) La **aptitud textil** del vellón, estimando de manera

subjetiva la proporción de fibras largas-gruesas y cortas-finas. Esto es indispensable para el destino final dentro del proceso textil manual.

c) La presencia y la cantidad de fibras cortas-gruesas (*kemp*), a las que ellas llaman 'espinas' y que son indeseables porque disminuyen la suavidad del vellón.



d) El color, la suavidad y la limpieza del vellón.

Al momento en que las mujeres realizan su evaluación, los técnicos traducimos los argumentos subjetivos de acuerdo con cuatro categorías de calidad de lana: 4=excelente, 3=buena, 2=regular, y 1=mala.

Previo a la trasquila se registra el peso corporal, incluyendo la fecha, el peso del animal y su identificación.

Durante la trasquila. Se registra la fecha, el peso del vellón sucio, el color del vellón y la identificación del animal.



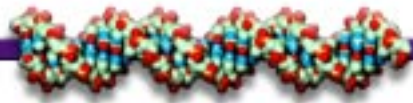
Durante la primavera se trasquila por primera vez a todos los corderos de la última parición; su edad, aproximadamente es de 6 meses.

Con la información integrada con los criterios de las pastoras y los datos de pesos y fechas de las variables de interés, se realiza la definición, planeación y ejecución de las actividades de investigación que responden a los intereses conjuntos, de manera dinámica. Los resultados son útiles para continuar o replantear la investigación, según sea el caso.

Los trabajos de investigación que se realizan con los animales del rebaño núcleo están orientados a establecer y validar criterios cuantificables de selección, a partir de la forma empírica que actualmente utilizan las pastoras para elegir a los mejores animales. Dentro de dichos criterios se encuentran la cantidad de lana producida por trasquila, el rendimiento al lavado, el crecimiento de lana por unidad de superficie, y la calidad del vellón (proporción y diámetro de las diferentes fibras). El cuadro 3 muestra la manera en que los criterios empíricos se asocian con variables objetivas de producción y calidad de lana.

CUADRO 3. CRITERIOS EMPÍRICOS DE PASTORAS INDÍGENAS SOBRE LA CALIDAD DE LA LANA Y SU RELACIÓN CON VARIABLES OBJETIVAS DE PRODUCCIÓN

Criterios tzotziles	Variables objetivas
Longitud de mechón (estimación manual).	Longitud de mechón (medición en cm).
Volumen del vellón (apreciación visual).	Peso del vellón sucio (kg).
Mayor cantidad de fibras largas-gruesas (apreciación tacto-visual).	Alta proporción de fibras largas-gruesas (%; crecimiento de lana por cm ²).
Tamaño del animal (apreciación visual).	Peso corporal (kg).
Menor cantidad de fibras cortas-finas (apreciación tacto-visual).	Baja proporción de fibras cortas-finas (porcentaje; crecimiento de lana por cm ²).



También se han realizado estudios de reproducción, sanidad, medicina tradicional, manejo del rebaño y alimentación, éstos últimos orientados a determinar el crecimiento, ciclo vegetativo y calidad de la flora nativa que consumen los animales en condiciones de pastoreo extensivo. Estudios adicionales han tratado la producción y calidad de la leche del borrego Chiapas, porque las razas españolas de que deriva (Churra y Lacha, entre otras) han demostrado tener esta cualidad. Toda la información anterior se considera dentro del contexto histórico, social y cultural de la etnia Tzotzil.

IMPACTO SOCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

Es premisa fundamental de este programa, que los resultados de la investigación se pongan al servicio de los usuarios. Después de cinco años de trabajo conjunto se colocaron sementales a disposición de las comunidades indígenas. Si bien la precisión de la evaluación de su valor genético aún no era la deseable, sí era evidente que el conocimiento generado por la experiencia del trabajo interactivo en el equipo era técnicamente certero y culturalmente apropiado. De este modo, haciendo patente nuestro aprendizaje del ejemplo de las pastoras, decidimos expandir nuestro trabajo en las comunidades indígenas mediante la oferta de sementales.

Esta iniciativa se validó a través de un protocolo de investigación participativa sobre los mecanismos intra e intercomunitarios de intercambio de animales. Así, con base en las estrategias locales, a partir de 1997 se ofrecen sementales a las comunidades, éstos tienen más demanda que oferta debido a que el rebaño núcleo es todavía reducido.

Actualmente contamos con una base de datos de 1,170 nacimientos, correspondientes a los años de 1991 a 1994 y de 1997 a 2001. Con esta información estamos obteniendo los parámetros genéticos requeridos en los programas de mejoramiento, así como el valor genético de todos los animales que conforman el rebaño. Esto incrementa la certeza de lograr el impacto, dentro de los rebaños, de las pastoras indígenas. Ellas son las usuarias del producto de la investigación, por medio de sementales que producen más lana, y de mejor calidad. Se está favoreciendo el incremento en la producción por trasquila y en la calidad del vellón, cuidando de mantener la talla media de los ovinos.

Los resultados de los estudios preliminares indican que los criterios empíricos que utilizan las pastoras para evaluar la calidad del vellón, pueden asociarse con las variables objetivas de longitud del mechón y el porcentaje de fibras largas-gruesas. De esta manera, el modelo que mejor explica la variabilidad



Foltropin-V

- Hormona folículoestimulante para inyección
- Induce la superovulación en hembras aptas para la reproducción en programas de transferencia embrionaria
- Adecuada relación entre LH y FSH
- Ampliamente recomendado por sus excelentes resultados en México
- Presentación en frasco de 400 mg

¡Excelente respuesta superovulatoria!



Litton de México, S.A. de C.V.

Av. Cuauhtémoc, 975, Col. del Valle, C.P. 03100
México, D.F. Tels.: 5559-6565, 5559-6469
Fax: 5559-7509, E-mail: litton@prodigy.net.mx

en el peso del vellón sucio toma en cuenta la longitud de la mecha, el peso corporal, el crecimiento de lana por unidad de superficie y la proporción de fibras largas-groesas. Todos estos elementos están incluidos en un primer índice de selección dentro del rebaño núcleo, aunque aún en fase experimental. También estamos trabajando con las correlaciones entre algunas mediciones que puedan ser útiles al nivel de comunidad indígena para elegir a los animales que sean prospectos a ingresar al rebaño núcleo.

En resumen, los beneficios obtenidos al implementar esta modalidad interétnica e interactiva de investigación-acción son los siguientes:

- Colaboración de productores, técnicos, investigadores y personas interesadas en la ovinocultura, compartiendo la experiencia lograda con y en el trabajo, desde la información generada en el control de producción, hasta detalles del conocimiento obtenido a través de la experiencia.
- Aumento en la certeza de la respuesta técnica a la selección y a menor tiempo, al utilizar variables cada vez mejor definidas, y la respuesta social, al basar el trabajo en el conocimiento tradicional.
- Servir de ejemplo de lo que implica ser y estar dentro del estrato de Criador Pie de Cría.
- Compartir el beneficio con los productores, para empezar, ofertando reproductores con probable habilidad de transmisión y valor genético estimado a través del modelo animal para: peso al nacer, peso al destete, promedio de ganancia diaria predestete, promedio de ganancias diarias postdestete y producción de lana por trasquila.

Esta experiencia, que a simple vista se percibe similar a la de cualquier unidad de producción, tiene características fundamentales para el desarrollo y el incremento de la producción sustentable: la definición de un objetivo de producción que es técnicamente factible y socioculturalmente adecuado, el interés en avanzar en la dirección marcada en el objetivo, la decisión de hacer todo lo que haga falta para mantener el rumbo en la

producción y el colaborar, compartiendo como ‘buenos’ líderes, el hacer bien las cosas, lo que incluye hacer las cosas bien.

El sabio ‘debe’ ordenar;

*se hace ciencia con hechos como una casa con piedras,
pero una acumulación de hechos no es una ciencia,
lo mismo que un montón de piedras no es una casa.*

Jules-Henri Poincaré (1902)

LITERATURA RECOMENDADA

- Castro H, Gorenc K, Nuñez R y Cuéllar A. Bases para la evaluación de los recursos genéticos ovinos en México. Memoria del Tercer Foro de los Recursos Genéticos Pecuarios en México. SAGAR; 1998.
- Rosas CG. Liderazgo en la formación educativa, un enfoque Gestáltico. Diplomado en Directividad. Colegio Gestáltico Mexicano; 1998.
- Vasconcelos J. Filosofía estética. México: Espasa-Calpe, Mexicana, 1994.
- Farrera N y Perezgrovas R. Estudio preliminar sobre el impacto de la ovinocultura en la economía doméstica en Los Altos de Chiapas. Memorias del IX Congreso Nacional de Producción Ovina. AMTEO-UAQro; 1997. p. 180 - 3.
- Peralta M, Perezgrovas R, Zaragoza L, Castro H y Anderson, S. Investigación participativa como base para el establecimiento de criterios de selección y desecho del borrego Chiapas. Memorias del VI Congreso Nacional de Producción Ovina. AMTEO, UAEM y AMCO. Toluca, Edo. de México; 1994. p. 113-6.
- Perezgrovas R, Peralta M, Zaragoza L, Castro H y Pedraza P. Entre pastoras indígenas y ovejas criollas. Una experiencia de investigación participativa. Anuario del Instituto Chiapaneco de Cultura. Gobierno del Estado de Chiapas; 1993. p. 184-95.
- Perezgrovas R, Castro H, Parry A, Peralta M, Zaragoza L, Pedraza P. y Rodríguez G. El borrego Chiapas: Concepto actual e indicadores de un importante recurso genético. Instituto de Estudios Indígenas-UNACH. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Anuario 1995; 5:307-39.
- Perezgrovas R. Colaborando para el cambio. Pastoras tzotziles de Chiapas participan en el diseño de estrategias de desarrollo. Universidad Autónoma de Chiapas. Anuario de Estudios Indígenas 1998; 7: 347-69.
- Perezgrovas R. Los Cameros de San Juan. Ovinocultura indígena en Los Altos de Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas. Instituto de Estudios Indígenas; 1999.
- Perezgrovas R y Castro H El borrego Chiapas y el sistema tradicional de manejo de ovinos entre las pastoras tzotziles. Arch. Zootec. España 2000; 49: 391-403.
- Zaragoza L. y Rodríguez G. Importancia Socio-económico de la ovinocultura en la Sierra Madre de Chiapas. Memorias IX Congreso Nacional de Producción Ovina. AMTEO-UAQro; 1997.



FORT DODGE®

**Enfoque
integral**
en
Salud Animal

Le ofrecemos "*Calidad Integral*"
con los mejores Asesores
y los mejores Productos.



ASESORIA Y CALIDAD *en su beneficio.*



Luis Corona Gochi

Médico veterinario zootecnista egresado de la FMVZ-UNAM en 1991. Maestro en Producción Animal-Nutrición Animal por la misma facultad en 1996.

Profesor asociado "C" del Departamento de Microbiología. Ha impartido cátedra de *Biología Celular, Nutrición Animal y Alimentos y Alimentación*.

Ha dirigido ocho tesis, de las cuales tres han sido acreedoras al premio "Constantino Ordóñez" en el área de zootecnia básica. Desde 1992, ha colaborado como asesor del Sistema de Universidad Abierta en la FMVZ. Ha colaborado en diversos proyectos de investigación y fue becado por el Ministerio de Relaciones Exteriores de Israel en el año de 1998 para participar en el curso *Ganadería lechera en diferentes condiciones de producción*. Ha impartido 36 conferencias a nivel nacional y cuenta con 31 investigaciones publicadas.

Alimentos genéticamente modificados

Sergio Ángeles Campos¹

INTRODUCCIÓN

Existe gran controversia mundial con respecto a la manipulación genética de los alimentos y, en general, con la biotecnología. La discusión referente a los llamados "alimentos transgénicos" se da en tres posiciones definidas: ambientalistas, científicas y empresariales.

El aprovechamiento de plantas por el hombre ha tenido diferentes fases: desde su utilización y propagación hasta su producción industrial y modificación genética; durante este proceso surge la biotecnología.

La biotecnología se define como la "técnica que permite aprovechar la actividad biológica, ya de ciertos organismos vivos, ya de células, para la fabricación de productos y la mejora de plantas y animales".

HÍBRIDOS CONTRA TRANSGÉNICOS

Es importante diferenciar a los organismos genéticamente mejorados por hibridación de los organismos transgénicos.

En la hibridación se seleccionan caracteres deseables encontrados naturalmente en el acervo genético de la especie; mientras que en los organismos transgénicos se introducen deliberadamente secciones de ADN o ARN que provienen del genoma de otras especies para dotar a los organismos con caracteres 'nuevos'.

Las plantas transgénicas resultantes pueden ser fértiles, por lo que pueden cruzarse con otras de la misma especie, dando lugar a individuos que hereden las transformaciones genéticas de sus progenitores, propagándolas luego mediante la reproducción. A través de técnicas de biología molecular es posible extraer segmentos del ADN de cualquier organismo vivo y adicionarlo al genoma de otro, aunque pertenezcan a especies muy distintas.

1. MVZ y maestro en producción animal por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Profesor de asignatura a nivel licenciatura desde 1993 a la fecha. Ha impartido las materias *Nutrición y Alimentos y Alimentación*. Asesor académico del área de Alimentación de Bovinos en el Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia y coordinador de la materia *Nutrición* desde enero de 1994 y jefe del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ desde febrero del 2001.
Correo electrónico: menolv@excite.com.
Tel: 5622-5897. Fax: 5622-59-71.



Un organismo genéticamente modificado (OGM) o transgénico es un organismo vivo cuyo genoma se ha modificado por ingeniería genética. Todas las células de éste poseen un gen extraño debido a que la modificación genética se transmite a toda la descendencia. En el caso de las plantas, el OGM es una planta transgénica, y al mismo tiempo lo son todas sus partes capaces de producir una nueva planta (frutos, granos, órganos de reproducción vegetativa).

El término OGM surge a principios de la década de los ochenta, cuando se acordaron las primeras reglas que demarcaron la investigación en los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos. La obtención de las primeras plantas transgénicas se realizó en 1983, logrando incorporar el gen bacteriano de resistencia a la kanamicina (antibiótico) al genoma de plantas de tabaco.

Las primeras pruebas experimentales de campo con organismos genéticamente modificados se llevaron a cabo en Francia y Estados Unidos, en 1986.

El número de países que cultivan transgénicos ha crecido, de uno en 1992 a seis en 1996, posteriormente nueve en 1998, doce en 1999 y trece en el año 2000: Estados Unidos, Argentina, Canadá, China, Australia, Sudáfrica, México, Bulgaria, España, Alemania, Francia, Rumania y Uruguay.

Los cultivos genéticamente modificados son parte importante de la producción agrícola mundial en los últimos años, ya que representan una gran variedad de beneficios para los agricultores. Progresivamente, se ha observado un aumento significativo en la cantidad de superficie dispuesta para cultivos modificados en el mundo: en 1999 se sembraron 39.9 hectáreas (ha), lo cual representó un incremento del 44 por ciento (12.1 millones de ha) a los 27.8 millones sembradas en 1988; y, a pesar de la gran presión en contra de su utilización, se ha registrado que en el 2000 se sembraron 44.2 millones de hectáreas.

Algunas corporaciones transnacionales son los principales promotores de la biotecnología, ya que vislumbran en los cultivos transgénicos una manera de reducir la dependencia de insumos tales como pesticidas y fertilizantes. Lo irónico es que la bio-revolución la promueven los mismos intereses que propusieron la primera ola de agricultura basada en agroquímicos, pero ahora, dotando cada cultivo con nuevos «genes insecticidas», proponen al mundo pesticidas más seguros, reduciendo la agricultura químicamente intensiva al tiempo que la hacen más sustentable. Un ejemplo de lo anterior es que se han introducido en el maíz genes de escorpión con el fin de que la planta desarrolle su propio insecticida. Actualmente se trabaja con el algodón, papa, remolacha, tabaco, melón, levadura de cerveza y muchos otros más.

Alimentos obtenidos por manipulación genética son: A) los organismos que se pueden utilizar como alimento y que han sido sometidos a ingeniería genética (por ejemplo, plantas manipuladas genéticamente que se cosechan); B) alimentos que contienen un ingrediente o aditivo derivado de un organismo sometido a ingeniería genética; y C) alimentos producidos mediante un producto auxiliar creado por medio de la ingeniería genética para su procesamiento (por ejemplo, enzimas). Aunque sea menos preciso, resulta habitual referirse a este tipo de sustancias como alimentos transgénicos o alimentos recombinantes.

Para introducir genes foráneos en la plantas y en animales comestibles es necesario utilizar como herramienta lo que en ingeniería genética se llama un vector de transformación: «parásitos genéticos», como plásmidos y virus. Aunque normalmente estos vectores se 'mutilan' en el laboratorio para eliminar sus propiedades patógenas, se ha descrito la habilidad de estos vectores mutilados para reactivarse, pudiendo generar nuevos patógenos. Además, estos vectores llevan genes marcadores resistentes a antibióticos como la kanamicina (gen presente en el tomate transgénico de Calgene) o la ampicilina (gen presente en el maíz transgénico

de Novartis), resistencias que se pueden incorporar a las poblaciones bacterianas (tracto gastrointestinal, agua y suelo). La aparición de más cepas bacterianas patógenas resistentes a antibióticos (un problema sobre el que la Organización Mundial de la Salud [OMS] no deja de alertar en los últimos años) constituye un peligro para la salud pública, el cual no se debe ignorar o minimizar.

SEGURIDAD ALIMENTARIA

El problema de la seguridad alimentaria ha recobrado gran interés en todo el mundo debido al incremento en el comercio internacional de alimentos. Hace unos años la seguridad alimentaria se refería básicamente a evitar una posible contaminación microbiológica, sobre todo en los alimentos perecederos; sin embargo, hoy los temas de seguridad alimentaria se han diversificado y contemplan algunos tópicos, tales como el uso de hormonas y de OGM.

En relación con estos organismos, el tema de la seguridad alimentaria se refiere a los productos procesados que se fabrican con estos insumos, esto ha causado gran controversia. Por ejemplo, en algunos países europeos (como España) se acepta que las hojuelas de papa se frian con aceite de OGM, pero se rechaza la utilización de papas OGM.

En varios países, principalmente Estados Unidos, Canadá, China y Argentina, se ha aprobado la liberación al medio ambiente y al consumo, de un número importante de OGM en cultivos básicos, tales como maíz, tomate, papa, soya, algodón, colza (canola), calabaza, remolacha y papaya. Se estima que en los Estados Unidos más del 25 por ciento del área agrícola se encuentra actualmente sembrada con variedades genéticamente mejoradas, y en Argentina alrededor del 80 por ciento del cultivo de soya es resistente a herbicidas mediante una modificación genética.

En relación con las semillas oleaginosas genéticamente

modificadas y los productos oleicos fabricados con estos insumos, la biotecnología puede contribuir a elevar la productividad y la calidad de los aceites vegetales; constantemente se realizan análisis de cada uno de estos procesos. Sin embargo, las dudas más comunes sobre los productos biotecnológicos, surgen principalmente por el gran desconocimiento que todavía se tiene de las consecuencias exactas de los OGM, por ejemplo, la aparición de alergias, el aumento en la resistencia del organismo humano contra los antibióticos, o una mayor acumulación de plaguicidas absorbidos por las plantas. Para aclarar estas dudas, la Organización para Agricultura y Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan desarrollar un sistema de evaluación que determine científicamente y objetivamente los beneficios y los riesgos de cada organismo modificado genéticamente; además de atender la medida en que sus beneficios compensen los riesgos calculados.

Desde hace muchos años, Estados Unidos, —el mayor productor de OGM— reporta un control de calidad en los alimentos muy cuidadoso garantizando a los consumidores su seguridad. Por esto, no han surgido mayores dudas. En cambio, en la Comunidad Europea, existe preocupación con respecto a los OGM, rumores enfatizados por la prensa sensacionalista y por algunos grupos ambientalistas extremos. En España y en otros países de Europa, el temor ha ido más allá de lo razonable, por ello, y con objeto de orientar al público, la comisión especial sobre la manipulación genética de España, en octubre de 2000, organizó una serie de conferencias donde expertos y científicos expusieron sus puntos de vista.

COMERCIALIZACIÓN

Por su repercusión en Europa, la soya y el maíz transgénicos son de especial relevancia. La soya se utiliza en la mitad del





total de los alimentos procesados: aceite, margarina, alimentos dietéticos e infantiles, cerveza, etcétera. Europa importa anualmente nueve millones de toneladas de estos alimentos a los Estados Unidos, con un costo de 1,400 millones de dólares. El 2 por ciento de la soya producida en este país es transgénica, de ésta un 40 por ciento se exporta a Europa. A la soya transgénica, obtenida por la compañía Monsanto, se le transfirió un gen que produce resistencia al glifosato, elemento activo del herbicida «roundup», dándose la circunstancia de que la misma compañía produce el herbicida y el transgénico. Este hecho, es interpretado por algunos como un abuso de la compañía. Ante la protesta de los ecologistas y la posibilidad del rechazo a la semilla transgénica, los exportadores la mezclan con semilla de soya normal para evitar su identificación. Sin embargo, alguna compañía (por ejemplo, la Genetic ID de Iowa, EEUU) comercializó una prueba de diagnóstico que permite saber si la semilla de soya (o de maíz, que tiene el mismo problema) es transgénica o no, es decir, si lleva el gen de resistencia al herbicida. Es importante señalar que la comercialización de la soya transgénica está autorizada en los Estados Unidos, Canadá, Japón y la Comunidad Europea (en esta última desde abril de 1996).

Otro caso parecido, es el maíz transgénico producido por la multinacional Ciba-Geigy (hoy Novartis). Este maíz además de resistente al glufosinato de amonio (que es componente activo del herbicida «Basta») lo es también al «taladro», un insecto (*Ostrinia nubilalis*) que horada el tallo de la planta y la destruye. La resistencia la produce el gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt), productora de la proteína Bt, la cual es tóxica para la larva de los dípteros. Sin embargo, se menciona que este maíz transgénico produce resistencia a los antibióticos betalactámicos (incluyendo la ampicilina). Los movimientos ecologistas han alertado sobre la posibilidad de que las bacterias del tracto intestinal de animales y humanos puedan incorporar directa o indirectamente



la información genética que provoca la resistencia a tales antibióticos, con el consiguiente peligro sanitario. En este aspecto, hay que decir que no hay evidencia científica alguna de que ello pueda ocurrir aunque fuera teóricamente posible. La comercialización del maíz transgénico está autorizada en los Estados Unidos (donde se supone que es uno o dos por ciento del maíz cultivado), Canadá, Japón y también en la Comunidad Europea desde enero de 1997.

ALIMENTOS TRANSGÉNICOS EN VÍAS DE COMERCIALIZACIÓN			
Cultivo	Compañía o Institución	Gen/Carácter	Primeras ventas
Algodón	Calgene	Resistencia a bromoxynil	1995
	Monsanto	Toxina de <i>Bacillus thuringiensis</i>	1996
	Monsanto	Tolerante a glifosato	1996
Calabaza Canola	Asgrow	Proteína cubierta de virus	1995
	Calgene	Laurico	1995
	Agr Evo	Tolerante a glufosinato	1995
	Mogen	Semilla de bajo fitato	1996
	Monsanto	Tolerante a glifosato	1996
	PGS	Androesterilidad	-
Linaza	Univ. Saskatchewan	Tolerante a glufosinato	-
	Agr Evo	Tolerante a glufosinato	-
Maíz	Ciba Geigy	Toxina de <i>Bacillus thuringiensis</i>	1997
	Monsanto	Toxina de <i>Bacillus thuringiensis</i>	1997
	Northrup-King	Toxina de <i>Bacillus thuringiensis</i>	-
	Asgrow	Proteína cubierta de virus	1996
Melón Papa	Monsanto	Toxina de <i>Bacillus thuringiensis</i>	1996
	AVEBT	Almidón modificado	1996
Soya Tabaco	Monsanto	Tolerante a glifosato	1996
	Rhone-Poulenc	Resistencia a bromoxynil	-
Tomate	Calgene	Proteína cubierta de virus	1995
	Calgene	Poligalacturonasa (maduración)	1994
	Zeneca / Peto Seeds	Poligalacturonasa (maduración)	1995
	DNAP	ACC sintetasa	1995
	Monsanto	ACC desaminasa	1998
China (?)	Proteína cubierta de virus	1995	

(fuente: J.M.Carrillo, 1997)

REGULACIÓN DE PRODUCTOS

El empleo de semillas transgénicas se inició en EEUU, en 1993; fueron aprobados por el Departamento de Agricultura y Protección del Medio Ambiente, así como por la Food and Drug Administration (FDA).

En México, ha sido creada por instancia presidencial la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM) —Diario Oficial, 5 de noviembre de 1999—, con objeto de coordinar las políticas de la administración pública federal relativas a la bioseguridad, y a la producción, importación, exportación, movilización, propagación, liberación, consumo y, en general, todo uso y aprovechamiento de organismos genéticamente modificados, sus productos y subproductos. Dicha Comisión se integra por los titulares de la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (Sagarpa); de Medio Ambiente; de Salud; de Hacienda y Crédito Público; de Economía; y de Educación Pública; así como del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Dentro de la Comisión se encuentra el Consejo Consultivo de Bioseguridad, conformado por reconocidos científicos. El Consejo proporciona recomendaciones y opiniones sobre aspectos técnicos y científicos útiles para tomar decisiones en la Comisión. Asimismo, la Comisión cuenta con un comité técnico integrado por directores generales competentes en la materia, éstos son designados por los titulares de las secretarías.

En nuestro país, el manejo del material genéticamente modificado se ha hecho durante más de diez años. Para ello, previo a la creación de la CIBIOGEM, se ha desarrollado una reglamentación. En lo relativo a productos de origen vegetal manipulados por ingeniería genética, la Sagarpa y la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) elaboraron la norma oficial NOM-056-FITO-1995 que establece los requisitos fitosanitarios tanto para la movilización en territorio nacional, como para la importación y el

establecimiento de pruebas de campo de organismos genéticamente modificados. Para esto se creó el Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola (CNBA), organismo consultor para evaluar el riesgo de las pruebas de campo y ensayos semicomerciales de plantas transgénicas en el territorio mexicano. La decisión final y los permisos correspondientes son responsabilidad de la DGSV.

Las evaluaciones de bioseguridad de acuerdo con la NOM-056-FITO-1995 se enfocan en la protección del medio ambiente, sin privilegiar el análisis costo/beneficio. En México no existe límite para la superficie de los ensayos; tampoco existe la categoría “desregulado”. Existen, sin embargo, autorizaciones para la comercialización de productos transgénicos (tomate de madurez retardada, importación de canola tolerante a herbicida que se utiliza como materia prima para la obtención de aceite, importación de papa resistente a la catarina de Colorado para ser utilizada en la elaboración de frituras). Desde 1996, se han realizado programas experimentales y, posteriormente, precomerciales con algodón *bollgard*.

Los alimentos derivados de la biotecnología se evalúan continuamente para garantizar su consumo. La información se genera a partir de estudios científicos, lo cual permite aprobar más de 60 productos en diferentes países.

La seguridad de cada evento genético se evalúa de acuerdo con tres grandes apartados: 1) caracterización molecular, 2) seguridad como alimento, y 3) seguridad al ambiente.

En la caracterización molecular se determina la modificación genética realizada (características de construcción genética introducidas en lo que corresponde al origen y a sus modificaciones realizadas a las secuencias que conforman el DNA transferido, y a su expresión), y su efecto en la planta. La proteína expresada se analiza en relación con los sitios y niveles, así como sus características respecto con la proteína nativa.

En el renglón de seguridad como alimento, se analiza lo correspondiente a toxicología, alergenicidad y propiedades



nutricionales. De las modificaciones a las plantas transgénicas que se llevan a su comercialización, se realizan exclusivamente las que no representan peligro para los consumidores.

En lo referente a seguridad ambiental, las plantas modificadas genéticamente utilizadas en la práctica agrícola comercial, presentan un comportamiento agronómico igual al de los materiales convencionales. Cuando se les confiere la capacidad de resistencia al ataque de insectos plaga, se cuida que no presenten efecto contra organismos no dañinos. Además, se verifica que la característica transferida no le permita a la especie convertirse en maleza, ni tampoco a las especies silvestres con las que eventualmente pueda tener flujo genético.

VENTAJAS

Según sus defensores, la manipulación genética de los granos reduce el uso de pesticidas, mejora sustancialmente los rendimientos y genera un producto de mayor calidad nutricional. Ésto ha entusiasmado a los productores agrícolas que vislumbran cosechas con menos riesgos de plagas, mayor resistencia a condiciones climáticas desfavorables y, obviamente, una segura y mayor rentabilidad.

Cerca de 40,000 personas mueren diariamente en todo el mundo por causas directamente relacionadas con el hambre, señala Ismail Serageldin. La demanda de alimentos para satisfacer las necesidades de una población en constante aumento, crece a una velocidad mayor que la agricultura. La producción de alimentos tendrá que hacerse con el incremento de las técnicas biológicas en el campo, y no a través de la apertura de nuevas tierras o de un incremento en la irrigación. La transformación agrícola, señala Serageldin, "será esencial para encontrar los cambios mundiales que permitan reducir la pobreza, alimentar a la población mundial en constante aumento, proporcionar alimentos para los animales y brindar protección al medio ambiente".



El premio nobel Norman Borlaug, padre de la 'Revolución verde', calcula que "para poder satisfacer la demanda de alimentos en el 2025, se necesita encontrar un proyecto agrícola capaz de permitir que todos los cereales existentes alcancen un rendimiento promedio superior al 80 por ciento en comparación con el que se tenía en 1990". Este incremento deberá surgir del desarrollo de nuevas tecnologías, entre las cuales la más prometedora es la agro-biotecnología, que permite un incremento biológico de los cultivos, sin necesidad de abrir nuevas áreas de cultivo o de aumentar la irrigación. Esta situación se agrava por la tendencia al sobreconsumo y desperdicio en los países ricos, aunada a la presión que se ejerce a los países pobres, que ya han puesto en serio peligro sus ecosistemas naturales, de los que depende la vida en la Tierra.

Esta transformación tendrá que ocurrir en todos los niveles, ya sea de parte de los pequeños agricultores o de los grandes complejos agrícolas, puesto que ambos tendrán que cambiar sus tierras por sistemas más eficientes y productivos.

De acuerdo con Koerner, con los avances de la biotecnología agrícola, "se puede producir un aceite de soya, ya sea con un perfil alto o bajo en ácidos grasos saturados y se puede producir aceite de canola con un perfil de ácidos grasos con características muy parecidas al de los aceites tropicales". Un ejemplo específico es la aparición de diversos aceites mid-oleico y alto-oleico que tienen características nutricionales muy apreciadas por médicos y nutriólogos.

El cambio tiene que ser tecnológico y político; tecnológico, con inventos que satisfagan los requerimientos necesarios para elevar el desarrollo de la productividad, con sistemas sustentables acordes con el medio ambiente; y político, sin discriminación de las áreas rurales frente a una agricultura en particular. Al mismo tiempo, el cambio tendrá que surgir cuando

se preste la suficiente atención para que las áreas rurales y su agricultura se desarrollen en forma paralela. Un aspecto esencial de la respuesta a este cambio es poner en marcha todos los instrumentos para lograr una agricultura sustentable.

DESVENTAJAS

Es indudable la relevancia que las técnicas de la biología molecular, a partir del avance del conocimiento, ofrecen para lograr beneficios y contribuir al establecimiento de una relación más armoniosa con nuestro entorno.

La investigación orientada al conocimiento de los mecanismos de flujo genético entre las especies y la selección y exposición de caracteres resultan particularmente relevantes para analizar adecuadamente el impacto de la liberación de transgénicos, dicha liberación se debe analizar caso por caso. Por ejemplo, el maíz en México se considera de alto riesgo por ser centro de origen y diversidad, en cambio, para otras regiones, puede no serlo.

IMPACTO AMBIENTAL

Sin embargo, esta alteración de las condiciones naturales de las especies sometidas a la manipulación genética, ha provocado gran alarma entre los ambientalistas, y esta situación se ha extendido a los consumidores, que piensan que los investigadores no han logrado establecer, a ciencia cierta, cuáles serán los efectos en seres humanos de los alimentos alterados por la manipulación genética.

De acuerdo con varios autores, los riesgos ecológicos más serios que presenta el uso comercial de cultivos transgénicos son:

- La expansión de los cultivos transgénicos amenaza la diversidad genética por la simplificación de los sistemas y la promoción de la erosión genética.
- La transferencia potencial de genes de cultivos resistentes a herbicidas (CRH), a variedades silvestres o familias semidomesticadas, puede crear supermalezas.

- Los cultivos resistentes a herbicidas voluntarios se transformarían subsecuentemente en malezas.
- El traslado horizontal vector-mediado de genes y la recombinación para crear nuevas cepas patógenas de bacterias.
- Recombinación de vectores que generan variedades de virus más nocivos, sobre todo en plantas transgénicas diseñadas para resistencia viral con base en genes virales.
- Las plagas de insectos desarrollarán rápidamente resistencia a los cultivos que contienen la toxina de Bt.
- El uso masivo de la toxina de Bt en cultivos puede desencadenar interacciones potencialmente negativas que afecten procesos ecológicos y a organismos benéficos.

La preocupación principal es que las presiones internacionales (para ganar mercados y aumentar ganancias) están empujando a las compañías a que liberen cultivos transgénicos demasiado rápido, sin una consideración apropiada de los impactos a largo plazo en las personas y en el ecosistema.

La mayoría de las innovaciones en biotecnología agrícola están orientadas a la búsqueda de ganancias y no a responder a las necesidades humanas, por consiguiente, el énfasis de la industria de la ingeniería genética realmente no es resolver los problemas agrícolas, sino el incremento de la rentabilidad. Esta aseveración la apoyan por el hecho de que algunas corporaciones (Bayer, Ciba-Geigy, ICI, Rhone-Poulenc, Dow/Elanco, Monsanto, Hoescht y Dupont, y, virtualmente, todas las compañías de semillas) han comenzado investigaciones sobre plantas tolerantes a los herbicidas. En los países industrializados, de 1986 a 1992, el 57 por ciento de todos los ensayos de campo para probar cultivos transgénicos involucraron tolerancia a los herbicidas, y el 46 por ciento de solicitantes al Departamento de Agricultura de Estados Unidos para pruebas de campo fueron compañías químicas. Cultivos actualmente para la tolerancia genética a uno o más herbicidas incluyen: alfalfa, canola, algodón, maíz, avena, petunia, papa, arroz, sorgo, soya, remolacha, caña de azúcar, girasol, tabaco, tomate, trigo y otros. Está claro que al crear CRH, una compañía puede extender sus mercados de productos químicos



patentados. El mercado para CRH, se estimó en más de 500 millones de dólares para el año 2000.

En cuanto a los riesgos para la salud humana al consumir alimentos transgénicos, los detractores de este tipo de alimentos señalan algunos trabajos, como el realizado por Arpad Pusztai, en Escocia, quien reportó que al alimentar a un grupo de ratones con papas transgénicas para expresar una lecitina, los roedores sufrieron daños severos en el sistema inmunológico, cerebro, hígado y otros órganos.



La FDA ha señalado que está dispuesta a revisar sus planteamientos, si hay información científica veraz, de trabajos bien diseñados. Aunque no existen casos probados, se tienen dos publicaciones científicas que muestran daños reales por el consumo de transgénicos: uno con frijol de soya con un gen de una nuez brasileña, el cual produce una respuesta inmunológica en personas con alergia a la nuez. Este gen se incorporó para mejorar la calidad protéica de la soya; y, otro, con papas, con un gen de otra planta que aumenta su resistencia a ciertos insectos y nemátodos, y que produce un sobrecrecimiento del epitelio en las ratas.

México tuvo una participación destacada al promover el reconocimiento de los centros de origen y diversidad de Cartagena, en 1995, donde se propuso la elaboración y aprobación de un protocolo de bioseguridad como parte del convenio internacional sobre la diversidad biológica. A diferencia de otros países de América del norte, México es centro de origen y diversidad de numerosas especies, tanto silvestres como cultivadas: maíz, frijol, algodón, chile, calabaza, por ejemplo. Sin embargo, importamos grandes cantidades de semillas transgénicas para consumo humano y animal, como maíz y soya.

CONCLUSIONES

Debido a la controversia que existe con el tema de los OGM, es muy importante diferenciar si éstos han sido mejorados por un proceso de hibridación (al seleccionar caracteres deseables

en forma natural), o son transgénicos (donde se transfieren segmentos de DNA o RNA que provienen de genoma de otras especies).

Para reconocer que la biotecnología es útil en la búsqueda de opciones en el proceso de producción de alimentos, habrá que considerar lo dicho; sin embargo, en el caso de OGM, los riesgos de alterar la biodiversidad se deben evaluar en forma particular, ya que el cultivo de una especie transgénica, en una región considerada centro de origen y diversidad, representará un riesgo latente.

Por otro lado, los argumentos de las desventajas de los OGM deben ser sustentados con evidencias científicas, para no caer en especulaciones.

Además, es necesario que las empresas que comercialicen alimentos transgénicos, etiqueten sus productos con información pertinente. Finalmente, habrá que reflexionar sobre lo siguiente:

El desarrollo de sistemas y tecnologías que aseguren la calidad de los alimentos es un trabajo permanente de todos los integrantes de la cadena agroalimentaria mundial, puesto que natural no es sinónimo de inocuo, ni artificial lo es de peligroso.

¿Puede la biotecnología ayudar a resolver el problema de la seguridad alimentaria, la protección del medio ambiente y disminuir la pobreza?

LITERATURA RECOMENDADA

- Garduño SS. La biotecnología en el marco de la bioseguridad. Asociación Nacional de Industriales de aceites y mantecas comestibles A.C. 2000 Octubre; 34: 4-11.
- Serageldin I. De la revolución verde a la revolución genética. Asociación Nacional de Industriales de aceites y mantecas comestibles 2000 Octubre; 34: 20-5.
- Garduño SS. La biotecnología y el mito de lo "natural". Asociación Nacional de Industriales de aceites y mantecas comestibles 2000 Octubre; 34: 26-9.
- Ponce de León G.L. Riesgos ecológicos de los cultivos transgénicos en México. Memorias del X Congreso Nacional AMENA. Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal A.C.; Jalisco. 2001: 47-53.
- Asociación Americana de la Soya. Preguntas y respuestas de la soya transgénica. Alimentos genéticamente mejorados: Asociación Americana de la Soya; 2000.

más de 10,000 títulos de publicaciones científicas

integración de más de 30 países

América Latina, el Caribe, España y Portugal



Latindex



<http://www.latindex.unam.com>



es parte del sistema regional
de información en línea
donde encontrarás:

DIRECTORIO: de revistas científicas y técnicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal con datos básicos para su descripción.

CATÁLOGO: con una selección de revistas, clasificados de acuerdo a parámetros de calidad previamente convenidos.

ÍNDICE: con información bibliográfica y documental de los títulos incluidos en el catálogo

Socios actuales:

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM (México)
Universidad de Puerto Rico,
Instituto de información científica y Tecnológica (Cuba)
COLCIENCIAS (Colombia)
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Venezuela)

Centro Argentino de información científica y Tecnológica (Argentina)
Instituto Brasileiro de Informacao em Ciencia y Tecnologia (Brasil)
Comisión Nacional de Información Científica y Tecnológica (Chile)
Centro de información y Documentación, CSIC, España