



Consortio de
Universidades
Mexicanas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Inclusión de temas sobre el impacto del cambio climático y del bienestar animal en la producción animal en los planes de estudio de la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia en México

VII CÁTEDRA NACIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“Aline Schunemann”

I SESIÓN

Editores

Dr. Javier Alonso Romo Rubio

Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho

MC. Jaime Eleazar Borbolla Ibarra

EPAB. Isabel Quintero Osuna

Dr. Juan de Jesús Taylor Preciado

MC. Juan José Lomelí Gómez

2012



Comité Editorial
Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho
Dr. Javier Alonso Romo Rubio
MC. Jaime Eleazar Borbolla Ibarra
EPAB. Isabel Quintero Osuna
Dr. Juan de Jesús Taylor Preciado
MC. Juan José Lomelí Gómez

Diseño de portada y volumen

L.I. Yazmín Edith Villalba Robles

Coordinación de Diseño

MC. Jaime Eleazar Borbolla Ibarra



Se autoriza la reproducción total o parcial de este documento siempre y cuando se cite la fuente y no sea con fines de lucro. La información contenida, así como el estilo, ortografía y redacción de cada uno de los capítulos es responsabilidad de los autores.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
CONSORCIO DE UNIVERSIDADES MEXICANAS
CUMex**

**Inclusión de temas sobre el impacto del cambio
climático y del bienestar animal en la producción
animal en los planes de estudio de la carrera de
Medicina Veterinaria y Zootecnia en México**

**VII Cátedra Nacional de Medicina
Veterinaria y Zootecnia**

Aline Schunemann

I Sesión

Editores

**Dr. Javier Alonso Romo Rubio
Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho
MC. Jaime Eleazar Borbolla Ibarra
EPAB. Isabel Quintero Osuna
MC. Juan José Lomelí Gómez
Dr. Juan de Jesús Taylor Preciado**

2012

Directorio

Consortio de Universidades Mexicanas

Dr. Heriberto Grijalva Monteverde
Presidente

Dr. Felipe Cuamea Velázquez
Vicepresidente

Mtro. Humberto A. Veras Godoy
Comisario

Dr. Francisco Javier Castillo Yáñez
Coordinador General

MC. Norma Violeta Parra Vergara
Secretaria Técnica

Dr. Daniel González Lomelí
Coordinador Cátedra CUMex

INSTITUCIONES PRESENTES EN LA VII CATEDRA CUMEX:

- **Asociación Mexicana de Escuelas y Facultades en MVZ y sus agremiados directores de Unidades Académicas en MVZ en México.**
- **Consejo Nacional para la Educación Veterinaria en México**
- **Consejo de Certificación Veterinaria en México**
- **Delegación en el Estado de Sinaloa de SAGARPA**
- **Asociación Panamericana de Ciencias Veterinarias (PANVET).**

Inclusión de temas sobre el impacto del cambio climático y del bienestar animal en la producción animal en los planes de estudio de la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia en México

CONTENIDO

Introducción.....	9
Bienestar Animal	12
Algunos Datos Referentes a la Protección y el Bienestar Animal en México	13
Productivistas Contra Bienestaristas	29
Bienestar del Lechón	37
Evaluación del Bienestar Animal en Granjas Porcinas	64
Evaluación del Bienestar Animal Durante el Transporte y Previo a la Matanza del Cerdo	73
Cambio Climático	114
Amenazas y Vulnerabilidad de la Actividad Ganadera en los Trópicos Ante los Efectos del Cambio Climático. Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (Sspi), Una Medida de Adaptación y Mitigación Amigable al CC.	115
Calentamiento Global y Su Impacto en la Producción Animal (Ganado Vacuno Lechero)	131
Cambio Climático y Bienestar Animal en Bovinos de Engorda en Corral: el Uso de la Sombra	135
Efectos del Estrés Térmico en la Reproducción de los Animales Domésticos y Alternativas para Mitigar sus Efectos.	152
Formas para Mejorar la Viabilidad de los Gametos y Embriones del Ganado Bovino Afectado por el Estrés Calórico y Nutricional en el Trópico.	174
Impacto del Cambio Climático en los Indicadores Reproductivos en Ganado Bovino Productor de Leche	184
Principios Necesarios para la Adaptación de la Ganadería al Cambio Climático	193
Alternativas Tecnológicas para el Desarrollo Ganadero Sostenible como Vías para Adaptarse al Cambio Climático	210
Legislación Veterinaria.....	269
Normas Oficiales Mexicanas Aplicadas a la Sanidad y Producción Animal	270
Propuestas y Conclusiones	284

Introducción

Actualmente en el mundo se están presentando los efectos adversos del cambio climático, tales como temperaturas extremas, cambios drásticos en los regímenes de lluvia, la ocurrencia de sequía, y consecuentemente la menor disponibilidad de agua para el consumo humano y animal, lo que permite prever que estas condiciones medioambientales afectaran sustancialmente la producción de alimentos. Siendo esto el principal efecto del calentamiento global; donde en los escenarios de la republica mexicana, se proyecta una reducción de 10% anual en la disponibilidad de agua como resultado del cambio climático al 2030 respecto de 2000, donde el mayor cambio negativo se dará en la zona del Pacífico¹. En este sentido, estudios de la FAO expresan que el sector ganadero es responsable del 9% del CO₂ procedente de las actividades humanas, pero produce un porcentaje más elevado de los gases más perjudiciales, se genera el 65% del oxido nitroso de origen humano que tiene 296 veces el potencial del calentamiento global del CO₂, la mayor parte de este gas procede del estiércol, por lo que la actividad ganadera se considera una de las principales emisoras de gases de efecto invernadero, debido a que es la principal fuente de producción de CH₄, el cual es 23 veces más poderoso que el CO₂ y ha duplicado sus concentraciones atmosféricas en los últimos años. Alrededor del 85% de este metano se produce en el proceso digestivo de los animales de producción, el 15% adicional de las emisiones de metano de la agricultura animal se produce por las áreas de desechos sin tratar de animales en producción, las cuales son fuente de contaminación del agua².

Por otro lado, el Bienestar Animal en el mundo y particularmente en México se ha convertido en los últimos años, en un asunto importante de política pública internacional; el sector agropecuario está cambiando vertiginosamente debido a las tendencias mundiales de globalización, internacionalización de mercados y acuerdos comerciales multinacionales. Aunque la presión de la sociedad en general como agente de cambio, por tratar mejor a los animales, ya sea de compañía, entretenimiento o de abasto; y como evidencia de ello son las crecientes manifestaciones de la población civil en varias partes

¹ Dr. Arturo Curiel Ballesteros. Profesor Investigador del Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas de la Universidad de Guadalajara y Coordinador de la estrategia de adaptación en el Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático para Jalisco (PEACC-Jalisco). Memorias VII cátedra CUMex, 2012.

² Sandra Lok Mejias. Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Memorias VII cátedra CUMex, 2012

de mundo, en pro del Bienestar Animal³. En México como en otros países hay gran interés y desarrollo en el tema de Bienestar Animal sobre todos aquellos que tienen relación con todas las fases del proceso productivo de los animales tales como: ganaderos, productores, transportadores de animales, operadores de rastros y aún sobre los Médicos Veterinarios. Otro elemento que ha ejercido presión y ha impulsado el desarrollo del tema han sido las asociaciones protectoras de animales quienes no tienen en sí mismas la misma filosofía ni interés y, en tercer lugar, las universidades, que desarrollan nueva tecnología, educación e investigación⁴. Por lo anterior, expertos en el tema buscan necesariamente diseñar, promover y contar con instrumentos de evaluación, criterios de medición e indicadores a evaluar con la finalidad de realizar auditorías y evaluaciones de bienestar animal, de cada uno de los elementos que contemplan la crianza y la producción animal, pero sobre todo en aquellos que se explotan intensivamente.

Por lo anteriormente expuesto, la creciente población demográfica y la globalización de las economías en el mundo juegan un rol determinante en los ejercicios profesionales relacionados con la producción de alimentos; ya que cada vez más se requiere que la industria ganadera incremente sus niveles productivos para satisfacer la demanda creciente de alimentos. Con estos factores y para el caso de la medicina veterinaria y zootecnia en su perfil de egreso básico debe promover la producción animal y que en el proceso productivo, transporte y sacrificio sea considerado el tema de bienestar animal, con especial atención en el medio ambiente, respetándolo y aplicando tecnologías que sirvan para mitigar el impacto del cambio climático. En razón de ello, en el marco de la VII Cátedra CUMex, evento académico nacional organizado entre el Consorcio de Universidades Mexicanas y la Universidad Autónoma de Sinaloa a través de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, se convocaron académicos y científicos nacionales e internacionales con el propósito de discutir, analizar y elaborar propuestas de tres grandes y complejos temas: Impacto del cambio climático en la producción animal, Bienestar animal en la producción animal y Legislación veterinaria. Siendo estos temas actualmente puntos a considerar en el presente y futuro del ejercicio profesional de los médicos veterinarios Zootecnistas en la producción y calidad de los alimentos en México; y de esta forma, coherentemente es fundamental que las unidades académicas que se dedican a la formación de estos profesionistas, contemplen e impartan en sus planes de estudios los

³ Dra. María de Lourdes Alonso Spilsbury. Área de Investigación: Ecodesarrollo de la Producción Animal. Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. Memorias VII cátedra CUMex, 2012.

⁴ Dr. Juan de Jesús Taylor-Preciado, MC. Héctor Cruz Michel Parra, MC Raúl Leonel De Cervantes Mireles, Departamento de Producción Animal, ²Departamento de Medicina Veterinaria, División de Ciencias Veterinarias, Universidad de Guadalajara. Memorias VII cátedra CUMex, 2012.

elementos necesarios que conlleven a la sensibilización de formación de MVZ y con ello el establecimiento de una cultura que permita ocuparse a través de su ejercicio cotidiano del quehacer veterinario la generación y aplicación de técnicas y tecnologías que lleven a minimizar el impacto del cambio climático y el bienestar de los animales en la producción de alimentos en nuestro país.

Bajo estos argumentos, finalmente como producto de la VII cátedra CUMex celebrada del 22 al 26 de mayo de 2012 se acordó elaborar propuestas para la inclusión de temas de cambio climático en la producción animal, Bienestar Animal en la producción animal y legislación veterinaria en los planes y programas de estudios de la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia en México. Siendo la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa quien presente los productos obtenidos en este evento académico a fin de que sean retomadas todas las propuestas y se establezca la factibilidad que las Unidades Académicas del país contemplen estos temas en su contexto curricular.

BIENESTAR ANIMAL

Algunos datos referentes a la protección y el bienestar animal en México

Aline S. de Aluja*

*Profesora Emérita, Departamento de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, D. F., CP 04510, Correo electrónico: alinealuja@gmail.com

Agradezco mucho a CUMex por haberme invitado a hablar durante esta reunión, cuyo tema es el bienestar animal, un poco de la historia de la Protección y del bienestar animal en la república mexicana, que se inicia formalmente casi con mi entrada a la entonces Escuela de Medicina Veterinaria, allá por el año 1944.

Antes de iniciar esta plática, debemos aclarar que en aquel entonces no se conocía el concepto de "*Bienestar Animal*" y se hablaba de "*Protección Animal*", términos que, como hoy sabemos no son idénticos, ya que una definición de Bienestar Animal es: "*El bienestar de un individuo es su estado en relación a sus intentos de afrontar su ambiente*" (Broom). "*El bienestar es el estado de salud física y mental completo en el que el animal está en armonía con su ambiente*" (Hughes).

Es una ciencia y debe formar parte del plan de estudios de todas las escuelas o facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia (Aluja). El término Protección en cambio significa que se protegen los animales contra actos de crueldad o situaciones que les causan sufrimiento.

De los habitantes originarios de México sabemos que respetaban y conservaban a los animales y cuidaban a su cría (Cortés, H., Hernández, F.). En los mercados había oficiales que se encargaban de vigilar que los animales estuvieran en buenas condiciones, y en general había un ambiente de respeto a la naturaleza, que se perdió en la época de la Colonia, durante la cual se observaba una falta de conciencia ecológica y de misericordia hacia la población indígena y animal, así como el descuido de principios de higiene (Calderón de la Barca).

Durante la época de la Independencia se despertó el interés para proteger a los animales de actos de injusticia y de crueldad. El presidente don Benito Juárez demostró su preocupación por la naturaleza y por los animales y en el Código Penal del Distrito y Territorios Federales de 1871 se lee lo siguiente (Serna):

- Artículo 1150: Serán castigados con multas de 1 a 10 pesos.
- XI.- El que maltrate a un animal, lo cargue con exceso teniendo alguna enfermedad que lo impida trabajar, o cometa con él cualquier acto de crueldad.
- XII.- El que en los combates, juegos o diversiones públicas, atormente a los animales.

Disposiciones similares contenían los Códigos Penales de Yucatán (artículo 958), Campeche (artículo 958), Michoacán (artículo 1174) e Hidalgo (artículo 1090), los que fueron derogados al expedirse los códigos respectivos vigentes. (Serna).

Revisando las legislaciones, llama la atención que no es sino hasta la segunda parte del siglo XX cuando surgen la mayoría de los reglamentos, disposiciones, reglas, instructivos y leyes referentes a proteger a los animales de maltrato en la república mexicana, sin duda influenciadas por las europeas de los siglos XIX y XX.

Citaremos algunas disposiciones al respecto (Serna):

- Reglamento para el manejo y transportación, girado por la oficina de mercados del Distrito Federal (1942).

- Ley para la protección de los animales en el estado de México, expedida por el Licenciado Isidro Favela, gobernador del estado de México, 1945.

- Reglas que deben observarse en la conducción de animales vivos por ferrocarriles y autotransportes, girados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1945.

- La Secretaría de Marina giró dispositivos similares para el transporte de animales vivos por agua, 1950.

- En 1947 la Secretaría de Educación Pública inició una "Campaña a Favor de los Animales" que incluyó un plan de trabajo nacional y publicó un folleto titulado: *"El respeto a los seres indefensos es la medida de la cultura en un país"*.

- En 1951, durante la presidencia del Lic. Miguel Alemán se publica un Reglamento de Mercados en cuyo artículo 21 se dictamina sobre la manera como se deben comercializar los animales vivos en estos establecimientos.

- En el mismo año la Secretaría de Agricultura y Ganadería promulga la *Ley Federal de Caza*, que contiene algunos capítulos sobre la protección de la fauna silvestre.

- En 1955 la Ciudad de Guadalajara expide un “*Reglamento para la Protección de los Animales en la Ciudad de Guadalajara*” y en el mismo año se dictan disposiciones semejantes en Mérida, Veracruz, en siete municipios de Jalisco y en Tulancingo y Cuautepec, Hidalgo. (Serna)

- En 1976 la Secretaría de Salubridad y Asistencia expide un “*Instructivo para el buen trato a los animales en lo referente a la experimentación científica en el Laboratorio Central*”.

- En 1978 el H. Consejo Técnico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México aprobó un “Reglamento para el Buen Trato de los Animales utilizados en la Investigación y Enseñanza dentro de esa dependencia.

- En 1981 el H. Ayuntamiento de la ciudad de Puebla publicó un “*Reglamento para la Protección de los Animales para el Municipio de Puebla*”.

- En 2005 entró en vigor un “*Reglamento Municipal para la Protección de los Animales en el municipio de Veracruz*”.

Hasta 1981 solo existía una Ley para la Protección de los Animales en la República Mexicana, del gobernador Isidro Favela, en el estado de México (1945).

En algunos estados se habían formulado reglamentos que fueron válidos solo en determinados municipios o ciudades.

A partir de 1981 muchos estados publicaron leyes que se enumeran en el Anexo 1 con el año de su publicación.

Disposiciones legales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)

En 1995 la SAGARPA publicó varias Normas Oficiales Mexicanas muy importantes para el bienestar de los animales:

La NOM 033-ZOO-1995: “*Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres*”, que trata del sacrificio de los animales.

NOM-051-ZOO-1995: “*Trato Humanitario en la Movilización de Animales*”, que trata del transporte de los animales, tanto terrestre, como marítimo y aéreo.

NOM-045-ZOO-1995: “*Características zoonosológicas para la operación de establecimientos donde se concentran animales para ferias, exposiciones, subastas, tianguis y eventos similares*”, que trata del bienestar de los animales en ferias y mercados.

En 1999 la SAGARPA publicó la norma oficial de animales de laboratorio: NOM-062-ZOO-1999: “Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio”.

En 2007 la SAGARPA editó la *Ley Federal de Sanidad Animal* en cuyo Título Tercero, Capítulo 1, Artículos 19, 20, 21, 22,23 trata del bienestar de los animales en general, sin embargo le falta precisión.

A pesar de tantas leyes, reglamentos y demás disposiciones que intentan regular el trato, manejo, transporte, matanza, cría, permanencia en mercados, y el trabajo de los animales, es evidente que no se ha logrado el propósito, por lo tanto el maltrato y con ello el sufrimiento de los animales continúa presente.

Con la esperanza de que una ley federal pudiera imponer el buen trato de los animales en el país y así colocar a México en este respecto al nivel de los países civilizados, se ha elaborado *La Ley General de Bienestar Animal*, que ha sido sometida a la consideración de la H. Asamblea de la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión, el jueves 11 de diciembre de 2008 por los Senadores Antonio Mejía Haro, Alfonso Sánchez Anaya, Eduardo Tomás Nava Bolaños, Claudia Sofía Corichi García, Silvano

Aureoles Conejo, Rubén Fernando Velásquez López, y José Luis Máximo García Zalvidea, integrantes de la LX Legislatura del H. Congreso de la Unión. Hasta la fecha no se tienen noticias de que lo hayan podido estudiar y dictaminar.

Además existen en la gran mayoría de los estados una o más asociaciones que se ocupan de la protección de los animales. (Anexo 2). Solamente en el Distrito Federal se encuentran 40, todas con objetivos similares, de proteger a los animales contra actos de crueldad y sufrimiento, algunas se están dedicando a la esterilización de perros y gatos.

Como estas asociaciones tienen sus sedes en ciudades, todos les dan mayor énfasis a animales de compañía (perros y gatos) y los animales de producción así como equinos y bovinos de trabajo reciben poca atención.

La primera de estas organizaciones que yo recuerdo y que es la primera registrada formalmente en el país en 1953, es la *Liga Defensora de Animales A.C.*, fundada y dirigida por la señora Fanny Martínez, que dio su vida y creo que también sus ahorros a esta causa. La Liga trabajaba con contribuciones de los socios, que en su mayoría eran extranjeros radicados en México, entre ellos muchos ingleses.

Poco a poco se fundaron otras asociaciones, una de ellas *La Asociación Nacional para la Aplicación de Leyes de Protección a los animales A.C. (ANPALPA A.C.)* cuya presidenta fue la señora Luz Nardi Solís, otro de los personajes que dieron su vida para mejorar la condición de los animales en México. Luz Nardi fue una conocida cantante de ópera y cuando se percató de la necesidad que existía para defender a los animales y darles una situación legal, dejó su profesión para dedicarse de tiempo completo a esta causa.

Las presidentas honorarias de esta asociación fueron Dolores Ayala y Ma. del Pilar Galindo López Portillo de Cordero, Gloria Leal de Beteta y Ma. Luisa Mendoza. Don Antonio Hagenbeck y de la Lama le dio importante apoyo económico. Los asesores científicos fuimos la que esto escribe y el MVZ Pedro Cano a quién reemplazó después el MVZ Germán Padilla. Entre las delegadas estatales se encontraba Guadalupe Ramírez, de Tehuacán, Puebla, una luchadora incansable para mejorar la condición de los animales, la que trágicamente fue asesinada hace algunos años durante el ejercicio de su

trabajo, en el mismo Tehuacán. La señora Luz Nardi falleció en el año 2000 y ANPALPA A.C. no tuvo los medios financieros para poder continuar sus actividades.

Un personaje muy importante en el movimiento de Protección Animal en México fue don Antonio Hagenbeck. Era una persona de importantes recursos financieros de los que dejó una parte para el beneficio de los animales. Con estos fondos se fundó la Fundación Antonio Hagenbeck y de la Lama, dirigida actualmente por la muy dedicada y eficiente sra. Cecilia Vega. Las actividades principales de la Fundación son campañas de esterilización de perros y gatos, capacitación de personal para llevar a cabo las campañas, asesoría para la formulación y creación de leyes. Actualmente ya lleva 250,000 perros y gatos esterilizados. Atiende solicitudes de esterilización de diferentes estados de la República Mexicana.

En vida don Antonio Hagenbeck ayudaba a varias asociaciones de protección, entre las que ocupaba un lugar importante ANPALPA A.C. Una labor de enorme importancia para difundir la necesidad de la protección animal y para concientizar a la sociedad en este sentido sin duda es la educación.

A todo lo relacionado con esta rama se dedicó la Sra. Peggy Porteau. La sra. Porteau había establecido estrecha relación con la World Society for the Protection of Animals (WSPA), que le facilitaba material impreso, que mandó traducir al castellano para repartirlo en México y los países de América Central. También mandó traducir e imprimir el libro de Peter Singer "Liberación Animal", cuya primera edición apareció en 1985 en México subvencionada por la "Asociación de Lucha para evitar la Crueldad con los Animales A.C." (ALECCA A.C.), que la sra. Porteau había fundado. Durante varios años publicó una revista mensual "La voz de los Animales".

El Asilo Franciscano fue fundado por la sra. Ita Osorno, otra de las personas admirables que dio gran parte de su vida tratando de ayudar a los animales. Había vivido en Europa con su marido, que era diplomático, y cuando regresaron a México decidieron fundar el Asilo Franciscano, mismo que la sra. Ita dirigió con gran sacrificio, aun después del fallecimiento de su marido.

El comité “Pro Animal” es presidido por la Señora Dolores Ayala y donde trabaja con gran dedicación y eficiencia la Lic. Mara Montero. Este grupo se dedica primordialmente a vigilar que los perros en los centros de control canino mueran de una manera humanitaria, tarea muy difícil considerando que son varios centros y que son muchos los animales que se tienen que sacrificar.

Para los animales de trabajo y los de producción, que son los que nos dan alimento y otros enseres, hasta la fecha solo existen dos programas, los dos en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM:

1.- El programa de ayuda a los équidos de trabajo (burros, mulas y caballos), “La donkey” como lo conocen los estudiantes, se inició en abril del 1984. Es una rama del “Donkey Sanctuary” (DS) del Reino Unido, cuya fundadora y directora fue la Dra. Elizabeth Svendsen. La conocí durante un viaje que hizo a América y me preguntó si me interesaría establecer una rama de la organización en México. Después de haber consultado con el Director de la Facultad, el Dr. Armando Antillón R. iniciamos los trabajos en los pueblos de los estados de Tlaxcala, México y Puebla donde muchos campesinos dependen de los équidos para su subsistencia. Pronto se unió a nuestro programa la Asociación de ayuda a caballos, hoy World Horse Welfare (WHW), para que pudiéramos asistir a burros, mulas y caballos. Pudimos comprar dos camionetas equipadas con todo lo necesario para dar servicio de desparasitación y para atender a animales lesionados y enfermos. Un MVZ es el responsable de cada unidad y trabajan con él un asistente y un herrador diplomado, ya que la experiencia nos ha enseñado que los problemas de casco son de los más graves e importantes en estos animales y disminuyen mucho su eficiencia de trabajo. Se les enseñan a los dueños sistemas de avíos funcionales, se dan cursos de herrería para que en los pueblos haya personas preparadas en este importante oficio, también se dan cursos de talabartería sencilla para que puedan hacer sus propios avíos y se les habla de la nutrición de sus animales. En cada camioneta viajan por lo general alumnos de servicio social y estudiantes. Actualmente ese programa constituye un ejemplo de extensionismo en la Facultad.

2.- Programa de mercados y rastros (SENASICA-UNAM). Como consecuencia de nuestras repetidas declaraciones de inconformidad sobre las condiciones que reinan en los mercados ganaderos en lo que refiere tanto a bienestar animal como a las condiciones higiénicas, poniendo estas últimas en peligro la salud humana y gracias a la visión del

Director en Jefe del Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), el Dr. Enrique Sánchez Cruz, se firmó en 2009 un convenio SENASICA-UNAM que establece que la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM colabore para mejorar las condiciones de Bienestar Animal en dos grandes mercados en el altiplano mexicano, que son San Bernabé, Estado de México y Tepeaca, estado de Puebla. En cada uno de ellos se mueven cada día de mercado, entre 3,000 y 4,000 animales en particular equinos, bovinos, ovinos, cerdos, aves, conejos y recientemente también perros. Las condiciones y el trato que se les da a los animales es inadmisibles durante todas las maniobras, como transporte, tipo de vehículos, duración del viaje, distancias, desembarque, embarque, permanencia, espacios disponibles, suministro de agua y alimento, guías sanitarias, permisos, etc. SENASICA proporciona recursos para poder remunerar colaboradores en los mercados, para su traslado y elaborar material educativo audiovisual con el fin de sensibilizar y educar a los dueños, comerciantes y administradores. Por otra parte se adquieren ciertos instrumentos que facilitan el manejo de los animales, como lo son rampas móviles para embarque y desembarque, arreadores, jaulas para mover pequeños animales, cubetas para agua y pistolas de émbolo oculto para sacrificios de emergencia, etc. Los equipos de un Médico Veterinario Zootecnista con ayudantes recorren los mercados, explican y asisten donde sea necesario. Después de 3 años de asistencia constante se registran mejoras y tenemos planes para la construcción de un mercado moderno y funcional, aprobados tanto por los dueños del mercado como por autoridades y algunos usuarios.

Los avances científicos nos han enseñado que la mente de los animales es compleja y en el caso de muchos de ellos los mecanismos cerebrales son similares a los nuestros, de manera que el término de protección, de protegerlos contra actos de crueldad, ya no es suficiente en nuestra relación con ellos y hoy manejamos el concepto de “Bienestar Animal”, que se está integrando en el *currículum* de la carrera (Aluja). La ciencia del Bienestar se inició en Inglaterra, como consecuencia del libro de la Dra. Ruth Harrison “Animal Machines” (1966), que describió la cría y producción intensivas de los animales de consumo, causando una ola de indignación y la exigencia de conocer la verdad en la sociedad. El informe Brambell para el gobierno inglés comprobó las aseveraciones de Harrison.

Surgió entonces el interés por el comportamiento animal, se iniciaron estudios sobre la mente animal con el resultado que había que abandonar la doctrina cartesiana, que los

animales eran máquinas y aceptar que el encéfalo de los vertebrados tiene similitud con el de los seres humanos, lo que despertó la duda sobre ¿Qué tanto se dan cuenta y qué sienten? Muchos investigadores se ocuparon del tema y han publicado trabajos importantes que hicieron ver que falta mucho por saber sobre la mente animal y las razones de su comportamiento (Griffin, Webster, Broom, Fraser, Grandin, Houprt, Duncan, Dawkins, Mc Millan, por solo citar algunos). Muchas universidades en otros países especialmente en Europa, han integrado la asignatura de Bienestar Animal en sus planes de estudio. Revisemos brevemente el estado de la enseñanza del Bienestar Animal en las escuelas y facultades del país.

**La Enseñanza del Bienestar Animal en Facultades y Escuelas de Medicina
Veterinaria y Zootecnia en México
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)**

La FMVZ de la UNAM organizó cursos sobre Etología y Bienestar Animal en 1990, 1991, 1992 y 1993 y se logró invitar a algunos de los científicos más renombrados en el tema: Donald Broom, del Reino Unido, Gerrit van Putten de los Países Bajos, Temple Grandin de USA. Más tarde también dio un curso la Dra. Katherine Albro Houpt, de Canadá.

Algunos miembros de la Facultad fueron al Reino Unido, a USA, para especializarse en el tema y en 1995 se fundó en la FMVZ el departamento de Etología, cuyo primer jefe fue el Dr. Francisco Galindo, quien para entonces había regresado con un doctorado en Cambridge estudiando con el Dr. Broom. Se imparte el curso obligatorio de “Comportamiento, Manejo y Bienestar Animal” en licenciatura, otro de Bioética y se ofrece un curso de Especialización en [“Medicina y Cirugía de Fauna Silvestre en Cautiverio”](#).

Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)

La Dra. Marilú Alonso Spilsbury obtuvo un doctorado en la rama de “Comportamiento y Bienestar Animal”, en la Universidad de Minnesota, USA. Se desempeña en la UAM y ha formado un grupo en esta especialidad cuyos miembros son el Dr. Ramiro Ramírez Necochea y el Dr. Daniel Mota Rojas, pero no se ofrece ningún curso relacionado con el Bienestar Animal.

Universidad de Guadalajara (U de G)

En la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia se imparte la materia de Bienestar Animal y se han ofrecido varios cursos y simposios sobre Bienestar Animal, en colaboración con WSPA y se ha formado un grupo fuerte para el rescate de animales en desastres, todo esto durante la gestión del Dr. Juan de Jesús Taylor Preciado, Director de la Facultad.

Las otras Facultades o Escuelas de Medicina Veterinaria y Zootecnia que imparten Bienestar Animal son 10, en las siguientes Universidades*:

Instituto Tecnológico de Sonora, Depto. de Ciencias Agronómicas y Veterinarias.

Universidad de Guadalajara, Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia (LMVZ)

Universidad Autónoma de Tlaxcala, LMVZ

Universidad Autónoma del Estado de México, LMVZ

Universidad del Valle de México, LMVZ

Universidad Veracruzana, LMVZ

Universidad Benito Juárez de Oaxaca, LMVZ

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, LMVZ

Universidad Autónoma de Campeche, LMVZ

Universidad Autónoma de Yucatán, LMVZ

Viendo la lista de reglamentos, dispositivos y leyes que tratan de la protección de actos de crueldad contra los animales, se podría suponer que en general el trato que reciben en el país es aceptable y que existe una consciencia al respecto, máxime que encontramos tantas asociaciones de protección animal en el país, que todas tratan de vigilar el bienestar animal. Como todos sabemos, no es el caso y falta mucho por hacer.

La razón de ello no radica en un solo factor, y es mi opinión personal que las causas más importantes de esta falta de interés son cuatro:

1. Ignorancia o indiferencia de la población en general.
2. Falta de programas escolares (nivel primaria y secundaria).
3. Pobreza,
4. Falta de infraestructura y presupuesto en la SAGARPA y en la SSA para vigilar que las leyes y normas se cumplan.

Con cierta frecuencia se me pregunta: ¿Por qué tanto interés en los animales cuando en México existe tanta pobreza y hay muchos niños que sufren?

Trato de explicar a las personas que me preguntan que ya no vivimos en los tiempos de Descartes que postulaba que los animales son máquinas que no se dan cuenta ni sienten. Desde los trabajos de Lorenz, Tinbergen y von Frisch y muchos científicos que les sucedieron, sabemos que el sistema nervioso de muchas especies vertebradas es muy similar al nuestro (Griffin) y que los animales se dan cuenta de su entorno, que sienten alegría, ansiedad y miedo y que tienen la capacidad de sufrir. No saben hablar, pero todos los que hemos trabajado con ellos y los que los conocen como nuestros animales de compañía sabemos que tienen capacidades mentales y que se dan cuenta. Nos dan un servicio insustituible: alimento, abrigo, trabajo, diversión, deporte y a cambio, tenemos la obligación ética de darles una vida aceptable y digna dentro de lo posible, acorde con su comportamiento natural.

Tenemos que encontrar un equilibrio entre el hacer dinero y lo que es éticamente permisible con un ser viviente que siente y que puede sufrir. Entender que para que los animales puedan vivir en condiciones de bienestar no requieren únicamente alimento, agua y protección de las inclemencias del tiempo. Necesitan espacio para poderse mover, explorar, amamantar a sus crías, vivir en grupos compatibles; y tienen el derecho a una muerte sin dolor y sufrimiento.

En cuanto al argumento de por qué preocuparse por animales cuando hay tantos niños en malas condiciones, pienso que una preocupación no excluye a la otra. Es una triste y preocupante verdad que muchos niños necesitan ayuda en México y otras partes

del mundo. Afortunadamente existen muchas organizaciones y muchas personas que trabajan para remediar esta inadmisibles situación. También es una triste verdad que los animales en México y muchas partes del mundo necesitan ayuda para que reciban un trato adecuado. Estarán ustedes de acuerdo que es necesario ocuparnos de los dos problemas y que la forma como tratamos a los animales tiene muchas implicaciones éticas y sociales.

En la época de los esclavos en los Estados Unidos de América del Norte, se capturaban, se transportaban y se trataban en forma similar a lo que hoy hacemos con los animales. El argumento fue que los negros no eran seres humanos, que eran animales. Hoy decimos; ¡qué bárbaros fueron los comerciantes y los dueños de esclavos y los gobiernos que lo permitieron! ¿Algún día se dirá lo mismo del trato que hoy damos a los animales?

Recordemos la famosa frase atribuida a Benito Juárez, y también a Alexander von Humboldt y a Mahatma Gandhi: *“Un país, una civilización se puede juzgar por la forma en que trata a sus animales”*.

Y termino con Arthur Schopenhauer:

“La conmiseración con los animales está íntimamente ligada a la bondad de carácter, de tal suerte que se puede afirmar con seguridad que quien es cruel con los animales, no puede ser buena persona. Una compasión por todos los seres vivos es la prueba más firme y segura de la conducta moral”.

Literatura consultada

Aluja A. S. de: Bienestar Animal en la Enseñanza de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Vet. Méx. 42;2:137-147, 2011.

Aluja A. S. de: La Ética en la Investigación científica y en la enseñanza con animales vertebrados, en: Aluja, M. y Birke, A. (coordinadores): El Papel de la Ética en la Investigación Científica y la Educación Superior. Fondo de Cultura Económica, México, Segunda edición, pp273-298, 2004.

Brambell F W R. Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals kept under intensive Livestock Husbandry Systems. London: Ed. Her Majesty's Stationary Office, 1965.

- Broom D M. Indicators of poor welfare. *Br Vet J*; 142:524-526, 1986.
- Calderón de la Barca F.: *Life in Mexico*. Ed. Anchor Books, Doubleday & Co, New York, 1970.
- Cortés H.: *Cartas de Relación*. Editorial Porrúa, S. A. México D. F., 1970.
- Dawkins M S, Wood-Gush D G M. Memorial lecture: Why has there not been more progress in animal welfare research? *Appl Anim Behav Sci* 1997; 53:59-73.
- Dawkins M.S.: Using behaviour to assess animal welfare. *In Proc. Universities Federation for Animal Welfare (UFAW) International Symposium: Science in the service of animal welfare, 2-4 april 2003, Edinburgh. Animal Welfare*, 13 supplement: S3-S7, 2004.
- Duncan I J H. Pain, fear and distress. *Proceedings of Global conference on Animal Welfare: an OIE initiative, February 23th-25th 2004, Paris, France*. Ed. OIE, París, Francia, pp 163-179, 2004.
- Fraser D. Applying science to animal welfare standards. *Proceedings of the Global conference on Animal Welfare: an OIE initiative, February 23th-25th 2004, Paris, France*. Ed. OIE, París, Francia, pp 121-135, 2004.
- Grandin T, Johnson C. *Animals in Translation*. New York: Scribner 2004.
- Grandin T. (ed): *Livestock Handling and Transport*, 3rd edition. CABI (CAB International), Cambridge, Mass, 2007.
- Griffin D R. *Animal Minds*. Chicago: University of Chicago Press, 1992.
- Harrison R: *Animal Machines*. London: Ed. Vincent Stuart, Ltd., 1964.
- Hernández F.: *Historia Natural de los Animales, Plantas y Minerales de la Nueva España*. Volumen II y III, UNAM, México D. F., 1959.
- Haupt K.A.: *Domestic Animal Behaviour for Veterinarians and Animal Scientistis*. 5th edition. Ed. Wiley-Black Well, Iowa, U.S.A., 2011.
- Lorenz K. *Studies in Animal and Human Behaviour*. Volume I 1970.
- Lorenz K. *Studies in Animal and Human Behaviour*. Volume II 1971.
- Mcmillan D. F. Development of a mental wellness program for animals. *JAVMA* 220;7:965-972, 2002.
- Serna A.G. A.: *Compendio de Leyes y Reglamentos para la Protección a los Animales en la República Mexicana*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México, D. F., 1983.

Singer P.: Liberación Animal. Colección Estructuras y Procesos: Serie Filosofía. Ed. Trotta, Madrid, España, 1999.

Tinbergen N. The Study of Instinct. Oxford, Clarendon Press 1951.

Von Frisch K. The dancing bees – an account of the life and senses of the honey bee. Harvest Books New York (1953) a translation of *Aus dem Leben der Biene*. 5th revised edition, Springer Verlag 1977

Webster J. Animal Welfare; A cool eye towards Eden. Oxford UK: Blackwell Science Ltd. 1994.

Anexo 1

Leyes Estatales para la Protección Animal en la República Mexicana y año de su publicación:

Aguascalientes	1990
Baja California Norte	1982 y 1997
Baja California Sur	Sin ley
Campeche	2000
Chiapas	1995
Chihuahua	1994
Coahuila	1997
Colima	1981 y 2011
Distrito Federal	1981 y 2002
Durango	Iniciativa de ley 2009
Estado de México	1945 y 1997
Guanajuato	2003
Guerrero	1991
Hidalgo	2005
Jalisco	1983 y 2007
Michoacán	1988
Morelos	1997
Nayarit	2006
Nuevo León	1983 y 2010
Oaxaca	Iniciativa de ley 2009
Puebla	1983
Querétaro	1996 y 2009
Quintana Roo	Sin ley*
San Luis Potosí	1995 y 2009
Sinaloa	Iniciativa de Ley 2010
Sonora	Iniciativa de Ley 2011

Tabasco	Iniciativa de Ley 2008
Tamaulipas	2001 y 2010
Tlaxcala	2003
Veracruz	2010
Yucatán	1999 y 2003
Zacatecas	2007

*existen reglamentos

Productivistas contra bienestaristas

Una polémica en curso de la Medicina Veterinaria en México.

Dr. Ramiro Ramírez Necoechea

UAM-X

Advertencia

Con este título damos entrada a una serie de reflexiones sobre el bienestar animal en México, derivadas de dos corrientes antagónicas sobre el uso y el aprovechamiento de los animales, el productivismo y el bienestatismo.

Introducción

Respecto a la definición del concepto de Bienestar Animal, podemos encontrar versiones diversas, en ocasiones encontradas, sin embargo en el imaginario colectivo veterinario del país se aceptan básicamente dos, cuyos seguidores sin decirlo aceptan sin mediar análisis, una de ellas es la de Broom (1991) que dice: *“El Bienestar de un individuo es su estado en relación a sus intentos de afrontar el ambiente”*. La otra, de Lorz (1973) que dice: *“Bienestar es el estado de armonía física y síquica del animal con su ambiente”*.

Si bien ambas propuestas tienen seguidores, (básicamente fundamentalistas del Bienestar Animal) a mí en lo particular y tal vez por mi medio siglo de ejercicio profesional veterinario especializado en cerdos, me inclino por la propuesta de tres famosos fisiólogos Claude Bernard, Walter Cannon y Hans Seyle, quienes no pretendían definir el bienestar animal pero que sin embargo, con sus aportaciones científicas entre el siglo XIX y XX prácticamente lo definen, al construirse con sus hallazgos el concepto de *Homeostasis* en los términos que le conocemos en la actualidad, en la cual el individuo cuenta con reservas fisiológicas y anatómicas para que en su proceso de *reostasis* conserve los indicadores fisiológicos dentro de límites biológicamente satisfactorios por vía de la

alostasia evitando así caer en *homeorrexis* y de esta manera ser presa de agresores externos e internos.

Este concepto traducido a las condiciones actuales en que se aprovecha a los animales, significa claramente que el individuo incapaz de adaptarse mayoritariamente a su entorno, está expuesto a sufrir agresiones a su homeostasis y por tal vez ser víctima de los agresores, principalmente microbianos desencadenantes de enfermedades clínicas o subclínicas; en este sentido debemos recordar que todas las metodologías para evaluar el bienestar animal actualmente en uso, preconizan prioritariamente que los animales no deben padecer enfermedades o estar libre de ellas.

Entonces, en un planteamiento minimalista utilitario para animales productores de alimentos, podríamos decir que el *Bienestar Animal* es “*aquel estado en el que el animal conserva su homeostasis no obstante los agresores ambientales y que aun así es capaz de expresar las potencialidades productivas, genéticas y biológicas esperadas*”. Se excluye deliberadamente de esta definición las potencialidades “*síquicas*” pues estas son de entrada el argumento utilizado por bienestaristas ortodoxos para satanizar, el aprovechamiento de los animales en las diversas sociedades y culturas del orbe. Las cuales en nuestro país se expresan a través de las variadas formas de uso de los animales donde a mas de existir agresiones físicas también las hay psíquicas pero aún así son aceptadas socialmente.

La percepción social. La sociedad en México tiene dos concepciones respecto del aprovechamiento de los animales, estas son:

Los Animales son iguales a cosas. Un elevado porcentaje de la sociedad considera a los animales bienes de consumo y de uso, independientemente del bienestar de los mismos.

Los Animales seres sintientes. Otro porcentaje de la sociedad, manifiesta una visión de Bienestar Animal básicamente antropocéntrica, fuertemente sesgada hacia la protección de perros y gatos, así como animales marinos para espectáculos mantenidos en condiciones deficitarias.

La traición del subconsciente

Estas sociedades preocupadas por prohibir la pelea de perros y los espectáculos con animales marinos, evita hacer pronunciamientos sobre el uso de animales en “saraos” de gran arraigo popular y folklórico, como lo son las peleas de gallos, corridas de toros, jaripeos, rodeos, charreadas, circos, y carreras parejeras entre otros, lo que indica claramente un sesgo afectivo hacia ciertas especies animales.

El bienestar animal y el ejercicio profesional veterinario en México

El concepto de bienestar animal es percibido por los veterinarios de este país en dos vertientes, una: la de los veterinarios formados en la corriente de pensamiento en la cual los animales son considerados bienes o cosas (vg. “El ganado” algo que se ganó como un bien físico) *Corriente Productivista*, aplica primordialmente a los animales productores de alimento y a los de trabajo. La otra percepción: *Corriente Bienestarista* en la cual los animales son seres vivos *sintientes*, esta percepción la manifiestan primordialmente los veterinarios ligados a pequeñas especies, (mascotas) o animales de compañía, animales de esparcimiento y fauna silvestre y mas recientemente los involucrados en la producción animal.

Esta dicotomía de conceptualización sobre la relación de los veterinarios con los animales, nos permite analizar dos claras corrientes antagónicas de pensamiento que son: productivismo vs bienestarismo

El productivismo: corresponde básicamente a veterinarios formados bajo la concepción de que la Medicina Veterinaria y Zootecnia, era en esencia una profesión para hombres rudos “muy machos” y que no le tenían miedo a los animales ni al trabajo físico intenso. Avalan esta percepción contenidos curriculares en la licenciatura de MVZ del pasado, tal como lo fue en algún tiempo la esgrima, la mariscalía, la terapéutica de las cojeras y el arreglo de herrajes en caballos. La clínica de bovinos centrada básicamente en la terapéutica del aparato reproductor, el diagnóstico de gestación y la corrección de problemas pódales. Las vacunaciones masivas de ganado de carne realizadas a campo

abierto. La aplicación del rifle sanitario en campañas de erradicación de enfermedades. En la clínica de cerdos las castraciones de hembras y machos adultos sin anestesia, las vacunaciones de cientos de animales realizadas en condiciones de no contención. En borregos y cabras el asunto era parecido, aunado a los baños garrapaticidas y el brusco manejo de los rumiantes en el transporte y sacrificio. Cuando el grueso del trabajo del veterinario dependía de los quehaceres antes mencionados, el *bienestar animal* no pasaba ni por casualidad en la mente de los colegas de esa época, es más, el compadecer a los animales, por alguna lesión traumática o por episodios de evidente dolor, se consideraban signos de debilidad de carácter o “mariconería”, dentro de una profesión cuyos profesantes se ufana por asistir a las corridas de toros, peleas de gallos, charreadas, rodeos, jaripeos, carreras parejeras. Estimulaba más aún este escenario machista, la escasa población femenil de estudiantes de veterinaria, menos del 10% de la matrícula para mediados del siglo XX. Otro ingrediente que reforzaba el ambiente machista, lo fue la presencia de profesores de MVZ de la época, muchos de los cuales habían participado en los conflictos armados de la primera mitad del siglo XX; o en la campaña “anti aftosa”, para los cuales era evidente que el dedicarse a perros y gatos, era asunto de *feminoides* o *débiles mentales*, y si aun así lo hacían, lo justificaban, aduciendo razones económicas. Debemos recordar también que muchos de los estudiantes de veterinaria de esta época eran gente rural de costumbres burdas y de trato poco amable para los animales.

El Bienestarismo: es una corriente de pensamiento manifiesta principalmente por los veterinarios formados dentro de la concepción más universalista de la Medicina Veterinaria, la que se infiltra en las escuelas de MVZ a través de la participación de docentes con estudios de Posgrado en el extranjero, quienes aunque sea de manera incidental tuvieron contacto con procesos de manejo que procuraban agredir lo menos posible a los animales. Particularmente esto sucedía con los graduados en Europa. Así también al incremento de estudiantes de MVZ urbanos producto de la desruralización del país y del incremento de escuelas de MVZ en provincia que actuaron como catalizadores del proceso.

Esta corriente se caracteriza por la preocupación de sus seguidores, por el bienestar y practicas zootécnicas de manejo, menos agresivas, las que se fueron reforzando al crecer la matrícula femenina de las escuelas de veterinaria y ampliarse el campo del ejercicio profesional más hacia animales de compañía y fauna silvestre. Fenómeno, que va dándose paulatinamente en la segunda mitad del siglo XX, hasta desembocar en nuestros días, donde el asunto de “Bienestar Animal” se confunde en ocasiones con “*Derecho de los animales*” partiendo de evidentes posiciones antropocéntricas.

El análisis de esta situación nos obliga como profesión a hacer un alto en el camino y reflexionar profundamente sobre el significado actual de “*Bienestar animal*”, en el contexto del ejercicio profesional veterinario nacional, en un mundo en plena globalización, que exige a la población veterinaria mundial la adopción de conceptos de bienestar animal pero sobre todo a las escuelas donde estos se forman.

El punto de partida

Ya analizamos el por que de las dos grandes percepciones que sobre el bienestar animal han tenido los veterinarios en las ultimas décadas del siglo XX y primeras del siglo XXI, analizaremos ahora cómo estas percepciones han permeado hacia la sociedad y cómo ésta las percibe.

Ciertos sectores de la sociedad nacional se encuentra en espera de la implantación de una *ley de Bienestar Animal*, la que de aprobarse en términos de la actual versión, impactaría de manera contundente el ejercicio profesional veterinario así como la percepción que la sociedad tiene sobre el uso y costumbres en el aprovechamiento de los animales.

Con esta concepción en mente, los primeros en procurar el *Bienestar Animal* serán los veterinarios en ejercicio profesional así como los docentes y alumnos de las escuelas

Veterinarias, y todos los profesionales de la biología y de la salud que trabajen con animales por las razones que estas sean.

Antropocentrismo contra ciencia

La permanente tentación de los veterinarios en tratar de adoptar posiciones antropocéntricas, acorde con las de las sociedades protectoras de animales, nos obliga a deslindar entre las creencias viscerales y la ciencia. Por tanto debemos ser muy cuidadosos y adoptar el *método científico* como herramienta para generar conocimiento real, desprovisto de suposiciones preconcebidas. Es decir que cada práctica de manejo, cada manipuleo de animales, deberá evaluarse científicamente para identificar su grado de invasividad antes de satanizarla por concepciones preelaboradas en otras culturas, países y religiones.

La propuesta

Aprobación de la ley de bienestar Animal. Es evidente que el proyecto de ley de bienestar animal actual tiene muchas lagunas y notorias incoherencias entre la propuesta legal y los usos y costumbres sobre el aprovechamiento animal, razón por la cual proponemos las siguientes premisas para adoptar el bienestar animal, como una actitud profesional.

- A todos los animales, motivo de aprovechamiento, en los que el veterinario participe, se les procurará el máximo de bienestar posible, basado en el conocimiento científico que nos brinda la etología la etología clínica y los indicadores de productividad.
- Los satisfactores de bienestar animal serán diferenciados según la especie animal, y su modo de aprovechamiento, utilizando indicadores de productividad para los animales y sus productos destinados a consumo humano.
- Los satisfactores de bienestar animal de *animales productores de alimento* para humanos serán definidos para transporte y matanza, utilizando indicadores de calidad del producto.

- Los satisfactores de bienestar animal para *animales de compañía y esparcimiento* serán fijados científicamente utilizando indicadores de comportamiento no aberrante, en un entorno social determinado.
- Los satisfactores de bienestar animal para *animales de trabajo* serán fijados científicamente a través del diseño de indicadores de rendimiento y conservación animal.
- Se promoverá la participación de profesionales de la medicina veterinaria en cualquier *actividad de esparcimiento o espectáculos socialmente aceptada*, en las que se usen animales, (corridas de toros, peleas de gallos, peleas de perros, rodeos jaripeos, charreadas, circos, espectáculos acuáticos entre otros).

Conclusiones

Del análisis de estas antagónicas corrientes de pensamiento veterinario sobre el bienestar animal y siguiendo las premisas propuestas deberán generarse conceptos, procedimientos y objetivos convincentes que sean aceptados por los productores de alimentos de origen animal, de no ser así el bienestar animal para animales productores de alimento así como los de trabajo, pasarán a ser una pieza más del museo de “Joyas académicas de la medicina veterinaria nacional”.

Bibliografía

- Lorz, A, 1973: Tierschutzgesetz, Comentar, Muenchen, Verlag C. H. Beck
- Broom D. M. 1991. Animal Welfare: Concepts and measurements. J. Anim. Sci. 69: 4167 – 4175.
- Cannon W. B. 1935 Stresses and strains of homeostasis. American Journal of Medical Science 189. 1- 5.
- Seleye H 1973. The evaluation of the stress concept. American Sci. 26: 946.
- Bernard Claude 1855 Lecons de Physiologie Experimentale Appliquée a la Medicine. 2 vol. París Baillierere.

Bienestar del lechón

Daniel Mota Rojas
Héctor Orozco Gregorio
Patricia Roldán Santiago
Dan Bolaños López
Ramiro Ramírez Necochea

Se ha observado que la asfixia durante el momento del parto es una de las causas más importantes de la mortalidad de lechones en el momento del parto (Randall, 1972b; Edwards, 1977; Hughes, 1992). Aunque el lechón es considerado un neonato relativamente maduro al nacimiento, parece ser más sensitivo a la anoxia que neonatos de otras especies (cachorros, gatitos y gazapos), que se consideran inmaduros (Stanton y Carroll, 1974). Los cerdos neonatos tienen una tolerancia muy baja para la anoxia por asfixia y el daño cerebral irreversible subsiguiente, que ocurre durante los primeros 5 *min* después de la ruptura del cordón umbilical, lo que interrumpe el flujo sanguíneo y la comunicación con su madre (Curtis, 1974).

Cuando el parto dura de 1 a 8 *h*, el porcentaje de mortinatos por camada se incrementa de 2.4 a 10.5% (Sprecher *et al.*, 1975). La tasa de mortinatos se eleva en partos prolongados y el 65% de estas muertes ocurren en el último tercio de la camada (Svendsen y Bengtsson, 1986). Lucia *et al.*, (2002), señalan que la duración del parto y los lechones que nacen con mayores pesos son dos factores de riesgo asociados a mortalidad neonatal.

Para eliminar el efecto del número de lechones nacidos muertos, resulta conveniente evaluar la duración promedio entre cada lechón al nacimiento. Los lechones nacen en un intervalo promedio de 16 *min.*, que puede variar de 12 hasta 18 *min.* (Jones, 1966; Randall, 1972ab; de Roth y Downie, 1976; Fahmy y Flipot, 1981; Fraser *et al.*, 1997). Sin embargo, cuando es parido un lechón vivo y subsecuentemente hay expulsión de uno muerto, pueden transcurrir de 45 a 55 *min* o más, prolongándose la duración del parto (Dziuk y Harmon, 1969; Sprecher *et al.*, 1974; Alonso-Spilsbury, 1994). Aunque el

intervalo es mayor para los mortinatos, estos son la causa de un parto prolongado (Wrathall, 1971; Randall, 1972b).

La ruptura del cordón umbilical es otro factor que incrementa las muertes en el parto. Un cordón umbilical roto o dañado aumenta la posibilidad de que el lechón sea mortinato (de Roth y Downie, 1976; Randall, 1972b). De igual forma, la presencia de meconio en la piel y en el tracto respiratorio es un indicador de anoxia fetal en el cerdo (Randall, 1972b; Mota *et al.*, 2002b). Cuando ocurre ruptura del cordón umbilical dentro del útero, tal como sucede por la administración excesiva de oxitócicos, ocasiona asfixia y daño cerebral irreversible en el feto (Curtis, 1974; Sprecher *et al.*, 1974). Randall (1972b) y Sprecher (1974, 1975), reportan que el 93.6% de todos los muertos durante el parto tuvieron ruptura del cordón umbilical en el proceso y más del 80% de estas muertes ocurrieron en el último tercio del parto. Adicionalmente, Svendsen *et al.*, (1986), indican que más del 70% de los lechones nacidos muertos, nacieron con el cordón umbilical roto.

El objetivo del presente apartado es revisar la fisiopatología de la asfixia del feto y del neonato porcino durante el proceso del parto, los indicadores para su evaluación, así como los mecanismos involucrados para compensar la disminución de la concentración de oxígeno.

Mortalidad perinatal en lechones

Los lechones nacen con un intervalo de 16 minutos en promedio, que puede variar de 12 a 18 *min* (Randall, 1972ab; Fraser *et al.*, 1997); sin embargo, cuando es parido un lechón vivo y subsecuentemente hay expulsión de uno muerto, pueden transcurrir de 45 a 55 *min* o más, prolongándose la duración del parto (Sprecher *et al.*, 1974; Alonso-Spilsbury, 1994). Cabe señalar que aún no queda claro cuál es la causa y cuál el efecto; aunque el intervalo entre lechones es mayor para los mortinatos, los fetos muertos pueden ser la causa que provoca un parto prolongado (Randall, 1972b). Un parto prolongado o acortado en tiempos con el uso de ecbólicos puede incrementar en la mortalidad perinatal (Alonso *et al.*, 2004).

La rotura del cordón umbilical es otro factor que incrementa la muerte durante el parto; la presencia de un cordón umbilical roto o dañado aumenta la posibilidad de mortinatos (Randall, 1972b). De igual forma, la presencia de meconio en la piel y en el tracto respiratorio es un indicador de anoxia fetal en el cerdo (Randall, 1972b; Mota *et al.*, 2001ab-2002b-2005b).

Cuando ocurre rotura del cordón umbilical, tal como sucede por la administración excesiva de oxitócicos, se ocasiona asfixia y daño cerebral irreversible en el feto (Curtis, 1974; Sprecher *et al.*, 1974). Randall (1972b) y Sprecher (1974-75) reportaron que en el 93.6% de todos los muertos intra-parto ocurrió ruptura del cordón umbilical en el proceso del parto y más del 80% de estas muertes ocurrieron en el último tercio. Asimismo, Svendsen *et al.* (1986) coinciden en que más del 70% de los lechones nacidos muertos, nacieron con el cordón umbilical roto.

Una de las principales causas de mortalidad perinatal en niños es la asfixia durante el parto; el mejor método para evitarla es la interpretación de los signos del sufrimiento prenatal y la intervención oportuna para reducirla (Buchmann *et al.*, 2002). En este sentido, la cardiotocografía ha sido empleada desde 1975 para monitorear la actividad uterina y la frecuencia cardiaca del feto en pacientes gestantes. Con el uso del cardiotocógrafo se puede identificar el momento del sufrimiento fetal y medir la dosis-respuesta del uso de uterotónicos durante el parto, por lo que es posible reducir el sufrimiento fetal y realizar la intervención obstétrica en gestaciones prolongadas (James *et al.*, 2002), sin comprometer la vitalidad neonatal (Thacker, 2001).

Fisiopatología de la asfixia fetal y neonatal del cerdo

Los eventos que acontecen en un proceso de asfixia aguda tales como acidosis metabólica e hipoxia que son comunes en cerdos, interactúan con el bienestar del lechón y su desempeño postnatal, prolongando el tiempo que tarda para mamar la teta (Figura 2) y el inicio de la primer succión (Alonso *et al.*, 2005; Mota *et al.*, 2005c). Esto a su vez

origina un menor consumo de calostro, un inadecuado estado de protección inmunológica y una disminución de la temperatura corporal, con su consecuente compromiso en la vitalidad neonatal (Mota *et al.*, 2002).

Es posible que algunos sucesos que tienen lugar en el periodo pre-parto jueguen un papel importante en los fenómenos del post-parto inmediato. Cuando se prolonga y dificulta el proceso de parto, el neonato puede nacer en condiciones de hipoxia aunque nazca aparentemente sano (Varley, 1995). Al parto, aproximadamente 6% de los cerdos nacen muertos (Randall, 1972ab; van der Lende y van Rens, 2003) y 14% de los lechones vivos tienen una menor vitalidad. Esto se debe principalmente a una hipoxia durante el parto prolongado, como lo muestra la estrecha relación que existe entre el porcentaje de viabilidad al nacer y la magnitud de la hipoxia sufrida por los lechones durante el parto (Zaleski y Hacker, 1993b).

Los mamíferos neonatos incluyendo el humano, presentan similitudes respecto a las peculiaridades fisiológicas durante la asfixia (Singer, 1999). En la presente revisión se abordan las similitudes y diferencias entre fetos y neonatos porcinos y los de otras especies. El presente apartado se divide en dos partes, en la primera se señalan los mecanismos fisiológicos de la asfixia durante el parto y en la segunda, las secuelas de la hipoxia en lechones neonatos.

El parto

En especies politocas como el cerdo, los fetos que forman parte del último tercio de la camada, tienden a sufrir un mayor grado de asfixia por el efecto acumulado de las contracciones sucesivas (Mota *et al.*, 2005e), reduciendo el oxígeno disponible en los que aún no han nacido e incrementando el riesgo de oclusión, daño y ruptura del cordón umbilical, o también debido al desprendimiento de la placenta durante el progreso del parto previo a la expulsión del feto (English y Wilkinson, 1982). Los fetos de cerdo tienen una tolerancia muy baja a la anoxia por asfixia y daño cerebral irreversible, que ocurre

.....

durante los primeros 5 *min* después de la ruptura del cordón umbilical por interrupción del flujo sanguíneo (Curtis, 1974).

De acuerdo al momento de la muerte, los fetos se dividen en dos categorías: el tipo I incluye aquellos fetos que murieron entre el día 35 de la gestación y hasta antes de llegar a término de la gestación; generalmente mueren por procesos infecciosos asociados. Los del tipo II son animales que murieron durante el parto; generalmente su muerte no es de origen infeccioso y está vinculada a todos aquellos factores que conducen a asfixia (Svendsen *et al.*, 1986).

Las contracciones uterinas disminuyen el flujo sanguíneo del útero y a su vez, el intercambio gaseoso a través de la placenta (Tucker y Haut, 1990). Un mayor número de muertos al parto ocurren por la carencia de oxígeno debido a que el cordón umbilical está enrollado o roto y se impide la circulación materno-fetal (Randall, 1972b; Provis y Moynihan, 1999). Sin embargo, Herpin *et al.* (1996) establecieron que la asfixia intermitente o prolongada en el útero durante el parto no necesariamente provoca la muerte durante el parto.

Varios estudios en cerdos muestran una asociación significativa entre la duración del parto y la tasa de mortinatos tipo II (Fahmy y Flipot, 1981; Mota *et al.*, 2002ab). De acuerdo con estos reportes, la tasa de muertos durante el parto o tipo II fue de 2.4 a 10.5% cuando el parto se prolongó de 1 a 8 horas (Randall, 1972a;). Por otro lado, la tasa promedio de muertos durante el parto fue de 0.4 animales por camada en cerdas primíparas y de 0.6 en multíparas (Spicer *et al.*, 1990).

El orden y el intervalo entre la expulsión de dos lechones consecutivos son también factores importantes que llevan a muertos intra-parto (Alonso-Spilsbury *et al.*, 2004). También se ha documentado que los fetos localizados cerca del cérvix o la porción distal del útero son menos propensos a morir durante el parto, que los que están ubicados en el polo ovárico y que son expulsados al final. De acuerdo a Spicer *et al.* (1990) y Mota *et al.*

(2002a), aproximadamente del 70 al 80% de las muertes intra-parto ocurren en el último tercio de la camada.

Estudios en neonatología humana indican que las concentraciones elevadas de oxitocina incrementan el riesgo de desórdenes del cordón umbilical, hipoxia y síndrome de aspiración de meconio (Morel *et al.*, 1994). Este evento es particularmente intrigante para los veterinarios y porcicultores; por un lado, porque comúnmente la oxitocina es utilizada para inducir el parto así como para reducir su duración (Straw *et al.*, 2000) y por otro lado, porque esta hormona también ha sido asociada con distocia e incremento en la manipulación obstétrica de las cerdas parturientas (Welp *et al.*, 1984; Dial *et al.*, 1987; Alonso-Spilsbury *et al.*, 2004).

Una tensión elevada del cordón umbilical durante el estrés del parto puede ocasionar lesiones, incrementando el riesgo de anoxia intra-parto y además aumento en la tasa de mortalidad prenatal (Gilbert, 1999; Mota *et al.*, 2005a). Así, el daño del cordón umbilical por la aplicación de oxitocina en cerdas al parto incrementa el número de muertos prenatales (Ramírez *et al.*, 1999; Lucia *et al.*, 2002; Mota *et al.*, 2002b; Alonso-Spilsbury *et al.*, 2004). Aunado a esto, la mayor palidez y cianosis del hocico de los lechones nacidos vivos tratados con oxitocina, corrobora el efecto de la oxitocina sobre la compresión del cordón umbilical, por el incremento de la duración e intensidad de las contracciones uterinas y la falta de irrigación e hipoxia de las mucosas de los neonatos (Mota *et al.*, 2005d).

Asfixia perinatal

El término perinatal puede ser usado para denotar diferentes periodos de gestación o se refiere al período en torno al tiempo de nacimiento. La asfixia resulta de una deficiencia de oxígeno o un exceso de bióxido de carbono que generalmente es causado por interrupción de la respiración y que origina inconsciencia (Gilstrap *et al.*, 1989). Este proceso puede ocurrir en la vida intrauterina, al momento del parto, o inmediatamente después de éste (Lacoius, 1987). Otros términos comúnmente empleados en el proceso

.....

de asfixia son los de hipoxia, definido como una baja concentración de oxígeno, así como el de isquemia, la cual se define como una disminución de la perfusión del riego sanguíneo a otro órgano.

Una falla en el mecanismo que regula la respiración del neonato produce hipoxia e inicialmente la respiración se torna rápida y profunda. Si este mecanismo compensatorio no es exitoso, el neonato experimentará apnea en 2 a 3 min. (apnea primaria), presentando bradicardia y vasoconstricción en la piel, músculos, riñones e intestino y redistribuyendo el flujo sanguíneo al corazón, cerebro y pulmones en un intento por mantener la concentración de oxígeno en los órganos vitales. Posterior a la apnea primaria, el feto hace un esfuerzo por inspirar de forma irregular, coincidiendo con bradicardia y el descenso de la tensión sanguínea (Provis y Moynihan, 1999).

El neonato es particularmente vulnerable a la asfixia durante el parto e inmediatamente después del nacimiento. Existen cuatro mecanismos básicos para la producción de asfixia durante esos momentos (Flores, 1996): a) asfixia fetal por interrupción del flujo sanguíneo umbilical, como sucede en la compresión del cordón durante el parto (Mota *et al.*, 2002a); b) asfixia fetal por alteración del intercambio de oxígeno a través de la placenta, como ocurre en el desprendimiento placentario; c) asfixia fetal por inadecuada perfusión de la placenta, por ejemplo en la hipotensión materna y d) asfixia neonatal por fracaso en la expansión pulmonar al nacer o un incremento del flujo pulmonar, o por ambos.

Algunos de los mecanismos de producción de asfixia en cerdos son originados por causas como el tamaño de la camada mayor a 9 lechones, un historial de la cerda con nacidos muertos o de baja viabilidad, un incremento de la duración del parto, cerdas muy obesas, concentraciones de hemoglobina menores a 9 g/dL (Zaleski y Hacker, 1993ab), así como el uso de oxitócicos ya señalado (Mota *et al.*, 2005cde).

La asfixia perinatal en niños se caracteriza por alteraciones bioquímicas, como hipoxemia [presión arterial de oxígeno (pO₂) menor de 50 mm Hg], hipercapnia (pCO₂ >

.....

de 50 mm Hg), $\text{pH} \leq 7.10$ y $\text{HCO}_3 \leq 8$ mmol// (Quisber, 1995). No obstante los cambios debidos a asfixia, los gases sanguíneos variarán con el mecanismo causal de la misma. En la asfixia fetal, los cambios predominantes son la hipoxemia y la acidosis metabólica secundaria, persistiendo un intercambio placentario insuficiente como para proveer un intercambio adecuado de O_2 y CO_2 .

Cambios circulatorios

En las primeras etapas de la asfixia, el volumen cardiaco se mantiene pero su distribución se modifica en forma radical. Se produce una vasoconstricción regional selectiva que reduce el flujo sanguíneo hacia los órganos y tejidos menos importantes como el intestino, riñón, músculos y piel; mientras que el flujo sanguíneo de órganos vitales como cerebro, miocardio y glándulas suprarrenales, se mantiene o aumenta, por lo que también hay vasodilatación y se incrementa la permeabilidad de las paredes de los vasos sanguíneos (Jasso, 2002). Lo anterior fundamenta dos hallazgos clínicos relevantes en neonatos, el primero referente a la coloración de la piel; al respecto, Mota *et al.* (2003b) señalan que la mayor palidez y cianosis del hocico de los neonatos porcinos asfixiados cuyas madres fueron tratadas con oxitocina, corrobora el efecto de esta hormona sobre la compresión del cordón umbilical por el incremento de la duración e intensidad de las contracciones uterinas. Debido a la subsiguiente irrigación e hipoxia de las mucosas, clínicamente el neonato cianosis de la piel, por la presencia de vasoconstricción periférica. Lo anterior es también sustentado por una mayor frecuencia de cordones umbilicales rotos, teñidos con meconio en forma severa y muertos intra-parto en animales tratados con oxitocina (Mota *et al.*, 2001b-2003a).

El otro aspecto clínico relevante respecto a los cambios circulatorios que señala Jasso (2002) y que ha sido también reportado por Mota y Ramírez (1997ab), se refiere a la presencia de hidropericardio, hidrotórax y ascitis en el 100% de los mortinatos por asfixia durante el parto.

La redistribución del flujo sanguíneo ayuda a mantener un aporte adecuado de oxígeno a los órganos vitales, aunque el contenido de oxígeno de la sangre arterial esté disminuido (Flores, 1996); sin embargo, esta redistribución de sangre produce isquemia relativa en algunos órganos y puede ser en parte, responsable de la asociación de asfixia y alteraciones como la enterocolitis necrotizante, insuficiencia renal (Phibbs, 1994) y disfunción mitocondrial y activación de la fagocitosis a nivel cerebral (Bracci *et al.*, 2001). Alward *et al.* (1978), al inducir experimentalmente un proceso de asfixia, hipercarpmia y acidosis en neonatos porcinos encontraron una disminución del flujo sanguíneo renal, debido posiblemente a un incremento en la resistencia renal originada por cambios en el tono de las arteriolas glomerulares aferente y eferente.

El flujo sanguíneo pulmonar disminuido en el neonato produce hipertensión pulmonar y cortocircuito de la sangre de derecha a izquierda. Cuando la asfixia es grave, el miocardio depende de sus depósitos de glucógeno para la obtención de energía. Si esta reserva se consume, el miocardio está simultáneamente expuesto a concentraciones de pO_2 y niveles de pH progresivamente más bajos, cuyo efecto combinado lleva a una disminución de la función miocárdica con una reducción del flujo sanguíneo hacia los órganos vitales. Esta secuencia de fenómenos cardiovasculares se manifiesta por cambios en la frecuencia cardíaca y en las presiones aórtica y venosa central. En las primeras etapas de asfixia, la presión venosa central (aurícula derecha) puede subir levemente debido a la hipertensión pulmonar y a la vasoconstricción sistémica, que también se produce en la asfixia. Cuando el miocardio finalmente falla, la presión venosa central se incrementa aún más, mientras que la aórtica se reduce y se acentúa la disminución de la frecuencia cardíaca; sin embargo, la insuficiencia miocárdica no se produce hasta que el pH y la presión arterial de oxígeno se encuentran extremadamente reducidos, en el espectro de 6.90 y 20 mm Hg, respectivamente. En tanto que la vasoconstricción persista, habrá palidez cutánea intensa, cuando aquella comienza a ceder, la piel adquiere coloración rosada, la perfusión mejora y se observa un llenado capilar adecuado (Flores, 1996). En este sentido, Mota *et al.*, (2003b) encontraron diferencias de tiempo en el llenado capilar entre lechones neonatos teñidos y no teñidos de meconio; las diferencias más marcadas se observaron con relación al cordón umbilical roto, lo que se asoció a la disminución del tiempo del llenado en los capilares.

Liberación de catecolaminas y metabolismo energético

El nacimiento ha mostrado ser un estimulante efectivo de la liberación de catecolaminas, particularmente cuando se presenta un parto complicado asociado a un proceso de hipoxia severa (Greenough *et al.*, 1987). La liberación de catecolaminas junto con otras respuestas endocrinas tales como un incremento en la concentración de hormona adenocorticotrópica (ACTH), beta-endorfinas, vasopresina y glucocorticoides, contribuyen en conjunto, a la redistribución del flujo sanguíneo a órganos vitales (Challis *et al.*, 1989; Provis y Moynihan, 1999).

Chiang y Rodway (1997), observaron un incremento significativo en la concentración de β -endorfinas en los lechones del segundo tercio de la camada. Además, hubo una correlación negativa significativa entre el pH de sangre umbilical y la concentración de las β -endorfinas. Sin embargo, la concentración de β -endorfinas estuvo correlacionada positivamente con la concentración de CO₂ en sangre del cordón umbilical. Este resultado indica que la liberación de β -endorfinas está asociada con el grado de acidosis de los lechones durante el parto.

Respecto a las catecolaminas, Herpin *et al.*, (1996) reportaron concentraciones elevadas de adrenalina y noradrenalina de 12.8 y 68.0 *ng/mL*, respectivamente, en cerdos neonatos que cursaron por un proceso de asfixia. Dichos investigadores consideran que los niveles hormonales se encuentran elevados debido a que juegan un papel crucial en la protección del feto durante la privación de oxígeno. Su aseveración posiblemente esté fundamentada en el hecho de que la adrenalina además de ser la encargada de estimular la glucogenólisis hepática, mediante la inhibición de la secreción de insulina y la estimulación de la secreción de glucagón, incrementa en la concentración plasmática de glucosa (Randall, 1979; Mathews *et al.*, 2002). También es conocido su efecto sobre el aumento de la profundidad y la frecuencia cardíaca (Mathews *et al.*, 2002), por lo que la función de las catecolaminas es la de poder nutrir por un tiempo variable tejidos vitales como el miocardio, adrenales y sistema nervioso central. Esto es posible gracias a la baja tasa metabólica de los tejidos que cuentan con gran disponibilidad o reserva fetal de

.....

sustrato de glucógeno (Cruz, 1994). Esto es de fundamental importancia ya que cuando existe un proceso de asfixia, los requerimientos energéticos de las células son satisfechos por medio de un aumento del consumo de hidratos de carbono (Vispo *et al.*, 2002). Randall (1979) encontró niveles menores en las concentraciones de glucógeno hepático y cardiaco en neonatos asfixiados, en comparación con los neonatos de la misma camada que no cursaron por un proceso de asfixia; sin embargo, el glucógeno muscular fue similar en ambos grupos. Por otro lado, Greenough *et al.*, (1987) observaron en niños, una estrecha correlación entre altas concentraciones de adrenalina y noradrenalina y un pH < a 7.25.

Acidosis metabólica

La acidosis metabólica es consecuencia directa de la asfixia, fundamentalmente por la producción de lactato. Trabajos recientes resaltan la importancia de la lactacidemia en el recién nacido con hipoxia (Deshpande y Platt, 1997; Da Silva *et al.*, 2000). La velocidad y el grado con los que la hipoxia evoluciona son muy variables. La asfixia súbita y severa puede ser letal en menos de 10 *min*, la hipoxia leve puede empeorar progresivamente en media hora o más. En etapas tempranas, la hipoxia puede invertirse espontáneamente si se suprime su causa (Phibbs, 1994); sin embargo, si la hipoxia continua, el feto pasa de la oxidación aeróbica de la glucosa a la glucólisis anaerobia (Flores, 1996), a través del uso de sus reservas de carbohidratos (Curtis, 1974). Esta forma de obtención de energía por vía anaerobia le permite al feto resistir la hipoxia por un período corto (Cruz, 1994), ya que el catabolismo de la glucosa a lactato o piruvato no requiere de oxígeno, aunque en este caso sólo se generan dos moles de ATP. Mientras que en presencia de oxígeno, el piruvato entra en el ciclo de Krebs, con lo que se ceden 38 moléculas de ATP a partir de ADP por cada molécula de glucosa oxidada a CO₂ y H₂O que se procesa por completo a través de la glucólisis y del ciclo de Krebs. De esta forma la glucólisis acoplada con la degradación de las reservas energéticas de los hidratos de carbono constituye una forma rápida, aunque poco eficaz, de movilizar la energía (Mathews *et al.*, 2002). Esto debido a que la acumulación de cualquiera de los dos productos finales de las reacciones glucolíticas, el ácido pirúvico y los átomos de hidrógeno combinados con el NAD⁺ para formar NADH y H⁺, detiene el proceso glucolítico y evita la formación posterior de ATP (Guyton y Hall, 1997) lo que resulta insuficiente para resistir por más tiempo la asfixia.

Cuando un organismo comienza a respirar oxígeno de nuevo tras un período de metabolismo anaeróbico, el ácido láctico se convierte rápidamente en ácido pirúvico y NADH más H^+ , que inmediatamente son oxidados para formar ATP. Este exceso de ATP ocasiona que hasta las tres cuartas partes del ácido pirúvico excedente se conviertan de nuevo en glucosa (Guyton y Hall, 1997). Al respecto, algo similar pudiera ocurrir en lechones cuando experimentalmente se les administraron cantidades extra de oxígeno mediante inhalación. En el estudio de Herpin *et al.* (2001) se observó un incremento en el pH sanguíneo (7.40) en lechones a los que les fue administrado oxígeno inhalado inmediatamente después del nacimiento, comparados con el grupo control (pH. 7.35). Resultados similares se observaron en las concentraciones de lactato, en las que el grupo tratado con oxígeno mostró concentraciones considerablemente inferiores respecto al grupo control (34.1 vs. 58.2 mg/dl). Este equipo de investigadores asume que los resultados se deben a la estimulación del metabolismo oxidativo y la completa oxidación aeróbica de la glucosa a través de la inhalación de oxígeno por el lechón, lo que resulta en una producción extra de ATP. Sin embargo, Zaleski y Hacker (1993b), no encontraron una disminución en el número de mortinatos por la administración inhalada de oxígeno, aún cuando la concentración de pO_2 se incrementó. De lo anteriormente expuesto se deduce que la suma de todos estos factores, al reducir la ventilación pulmonar, provoca un aumento de la pCO_2 del líquido extracelular. Ello da lugar a un aumento en la concentración de ácido carbónico (H_2CO_3) y de iones de hidrógeno con la consiguiente acidosis respiratoria. Aunado a esto, las reacciones metabólicas anaerobias dan lugar a alteraciones en la relación lactato-piruvato, ya que la mayor parte de piruvato se convierte en lactato con el resultado de una mayor producción de éste, lo que incrementa la formación de cantidades excesivas de ácidos orgánicos, dando como resultado un proceso de acidosis metabólica y el descenso del pH (Guyton y Hall, 1997; Vispo *et al.*, 2002). Esto origina una disminución de la función miocárdica con una reducción del flujo sanguíneo a parénquimas no vitales, mientras que el flujo sanguíneo a órganos vitales como cerebro y miocardio se mantiene temporalmente (Phibbs, 1994; Jasso, 2002).

En condiciones normales, la caída del pH que acompaña a la acidosis metabólica representa un estímulo para la ventilación. El aumento de la ventilación alveolar elimina el CO_2 , lo que reduce la pCO_2 restaurando la proporción de concentraciones de $HCO_3^-/0.03 pCO$ y llevando el pH hacia la normalidad (Cunningham, 1997). Sin embargo, en casos en

los que se presenta una falta en la concentración de O₂, la caída del pH interfiere con el funcionamiento de enzimas metabólicas (Vispo *et al.*, 2002), debido a que la respuesta de dichas enzimas a los cambios de pH fuera del margen fisiológico, son de importancia considerable para su eficacia catalítica. La aceleración de la reacción depende en muchos casos del estado de ionización de algunos grupos, de modo que estos catalizadores sólo son eficaces dentro de márgenes determinados de pH (Mathews *et al.*, 2002). Si la hipoxia se prolonga, el feto puede sufrir isquemia grave en los tejidos cuyo riego sanguíneo proviene de las arterias coronarias, principalmente izquierda y circunfleja, lo que origina elevación inicial de enzimas citoplásmicas y muerte celular con necrosis localizada por infarto. A toda esta serie de eventos se le conoce como cardiomiopatía hipóxico-isquémica (Jasso, 2002).

La valoración, diagnóstico y pronóstico del feto *in utero* y sus respuestas al ambiente con el fin de descubrir precozmente el riesgo de hipoxia, se realiza a través del monitoreo electrónico fetal (MEF) (Jasso, 2002; Vispo *et al.*, 2002). El MEF estudia el comportamiento y la frecuencia cardíaca fetal (FCF) con relación a los movimientos fetales y la dinámica uterina; de hecho este método es utilizado en mujeres en alto riesgo obstétrico, reduciendo las tasas de mortalidad perinatal en aproximadamente 50% (Zapata y Zurita, 2002).

Por otro lado, la valoración de la escala de Apgar permite una rápida evaluación del estado cardiorespiratorio y neurológico del recién nacido, aplicado en el periodo neonatal inmediato (primer y quinto minuto de recién nacido) y toma en cuenta cinco indicadores (Pineda y Rodríguez, 2002): la frecuencia cardíaca, el esfuerzo respiratorio, el tono muscular, la irritabilidad refleja y el color de la piel. Cada indicador tiene un mínimo de 0 y un máximo de 2 puntos. A pesar de los muchos estudios realizados en neonatología humana, aún existe controversia respecto a la acidosis respiratoria en la muerte por asfixia. En neonatos que cursaron por un problema de estrés fetal a través de bajos puntajes en la calificación de Apgar, sólo el 31% tuvieron un pH ácido (< a 7.1) de la sangre del cordón umbilical, cuando se esperarían que todos los neonatos deberían cursar no solo por acidosis respiratoria, sino también metabólica (Josten *et al.*, 1987; Ghiddini y Spong, 2001).

.....

Randall (1971) reportó que lechones con acidemia e hipercapnia al nacimiento con niveles de pH de 6.5 y 6.95 y de 105 y 185 mm Hg de pCO₂, mostraron una baja viabilidad al nacimiento en comparación con los lechones que presentaron concentraciones de pH de 7.10 a 7.42 y pCO₂ de 46 a 75 mm Hg; estos resultados los atribuyó a un proceso de asfixia fetal durante el parto. Si consideramos los valores utilizados para caracterizar la asfixia en bebés, los valores indicarían que los lechones se encontraban al inicio de los procesos glucolíticos anaerobios y estarían cursando por un proceso patológico de acidosis severa (Saling y Langner, 1991).

Actualmente se considera que la acidosis reflejada sólo a través del pH de la sangre del cordón umbilical no es un predictor exacto de la asfixia neonatal y no siempre está relacionada con pérdida de la viabilidad neonatal, ya que la acidosis fetal depende de factores adicionales como la duración de la misma, la tolerancia a niveles elevados de CO₂ fetal, el peso del feto, su adaptación cardiovascular, edad, tipo de parto y complicaciones neonatales, entre otros. Así mismo, se ha demostrado que anomalías de la frecuencia cardiaca fetal producen alteraciones del equilibrio ácido básico y la acidosis en el recién nacido se vincula con un mayor riesgo de complicaciones neonatales, de ahí la importancia de conocer las variaciones de la FCF (Figura 4). En bebés, se ha reportado sobrevivencia sin complicaciones a pesar de un pH arterial de 6.6 después de una hora del nacimiento. En términos prácticos, esto significa que la línea que divide entre un pH normal y anormal no es precisa y la interpretación del pH deberá tomarse siempre junto con otras medidas clínicas relevantes (Steer *et al.*, 1989). La calificación de vitalidad neonatal mide una serie de respuestas neuromusculares que pueden verse deprimidas por asfixia, pero hay que considerar que también pueden deprimirse simplemente porque el neonato no es maduro o lo suficientemente fuerte para mostrar las respuestas requeridas (Goldenberg *et al.*, 1984).

Un pH bajo puede ser el resultado de periodos prolongados de hipoxia con acumulación de ácidos, pero también de un periodo corto de compresión del cordón con acumulación de bióxido de carbono en la segunda etapa del parto que no compromete la viabilidad el

feto, por lo que valores bajos de pH no son sinónimos de asfixia (Goldenberg *et al.*, 1984). Piquard *et al.* (1991; citados por Da Silva *et al.*, 2000), mencionan que las mediciones de acidosis metabólica pueden carecer de especificidad cuando la acidosis fetal proviene de una acidosis materna y cuando el ácido láctico es producido por otros mecanismos durante la asfixia, como degradación proteica, inhibición metabólica por endotoxinas y choque séptico. Dichos autores estiman que sólo 6% de los procesos de acidosis fetal son debidos a acidosis materna.

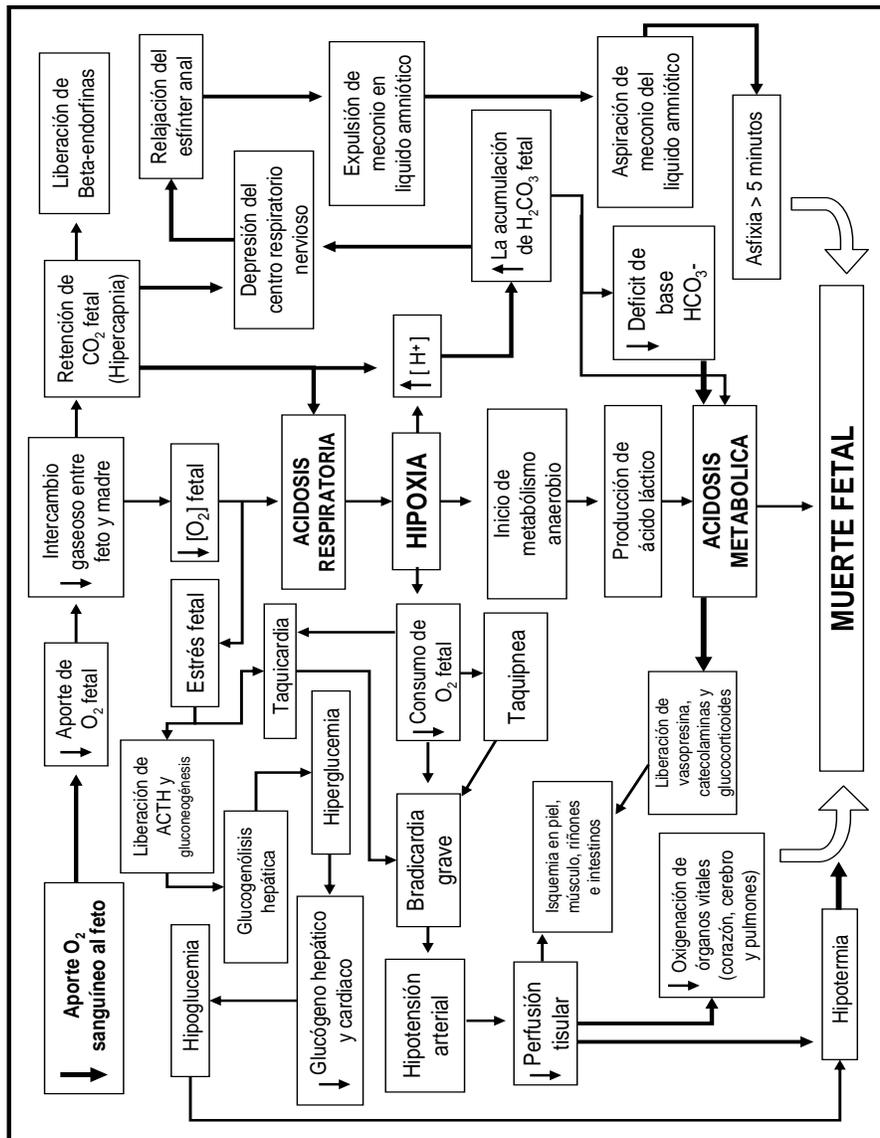


Figura 1. Fisiopatología de la muerte fetal por asfixia.

En obstetricia humana se ha propuesto el uso de nuevos indicadores para el bebé recién nacido inmediatamente después del parto, en combinación con otros indicadores anteriormente ya utilizados como lo es la escala de Apgar.

Secuelas de la asfixia

El proceso de asfixia por el que cursa el feto pone en juego su vida; sin embargo, si logra sobrevivir a este episodio tendrá en la mayoría de los casos secuelas graves que afecten su viabilidad postnatal (Bracci *et al.*, 2001). La hipoxia intermitente o prolongada *in utero* y durante el parto, debilita a los lechones y disminuye su capacidad de adaptación a la vida extra-uterina. De hecho, los lechones que logran sobrevivir a la asfixia y que tienen niveles de lactato elevados mueren antes de las 3 semanas de edad (Herpin *et al.*, 1996).

Los lechones recién nacidos pueden diferir en su vigor aparente. Tales variaciones pueden contribuir a una amplia diferencia en el tiempo que les toma para establecer contacto con la teta y comenzar a mamar, mostrando los lechones más lentos una mayor tasa de mortalidad (Varley, 1995).

Daño cerebral

La transformación del NAD a NADH pocos segundos después de la inducción de la asfixia, origina un aumento en la permeabilidad iónica de las membranas neuronales. Así, se origina una despolarización de las neuronas y una pérdida de la actividad eléctrica espontánea. Durante los primeros tres minutos tras la inducción de la asfixia, se produce un rápido aumento del lactato cerebral; al mismo tiempo, disminuye la producción de ácido tricarbóxico, disminuyendo la producción de fosfatos de alta energía. De esta forma se origina una disminución rápida de la fosfocreatina y una reducción de la concentración cerebral de ATP; la glucosa y el glucógeno cerebral disminuyen de manera rápida (Menkes, 1984).

No obstante que el sistema nervioso central puede utilizar además de hidratos de carbono, cetoácidos y otros ácidos grasos como generadores de energía (Cruz, 1994), cuando el cerebro del feto o del neonato es expuesto a episodios severos de hipoxia e isquemia, durante los primeros minutos seguidos a la disminución de compuestos de fosfatos de alta energía, se inicia una compleja serie de reacciones citotóxicas dentro de las neuronas hasta terminar en muerte celular. La elevación de calcio citoplásmico, la liberación de radicales libres y mediadores preinflamatorios asociados a daño mitocondrial están implicados en esta fase (Wyatt, 2002). De éstos, la liberación de radicales libres desempeña un papel importante en el desarrollo del daño cerebral seguido de un proceso de encefalopatía hipóxico-isquémica (Bracci *et al.*, 2001).

Estudios realizados en fetos y neonatos de cobayos han demostrado que la hipoxia ocasiona un incremento en la generación de radicales libres en la corteza cerebral, que le resulta en daño a la membrana celular cerebral por el incremento de la peroxidación de los lípidos de la membrana y disminución de la actividad de la ATPasa Na^+/K^+ . Así mismo, el incremento de Ca^{++} intracelular tal vez puede activar varias vías enzimáticas tales como la fosfolipasa A_2 y el metabolismo del ácido araquidónico, los cuales generan también la liberación de radicales libres y peroxidación y disfunción en el cerebro hipóxico. La presencia de defensas antioxidantes desempeña también un papel importante en la integridad cerebral fetal y neonatal durante la hipoxia (Prakash y Delivoria, 1999). Con relación a esto, los agentes hematopoyéticos neuroprotectores tales como la eritropoyetina (EPO), pueden ejercer un efecto protector sobre las neuronas y prevenir su muerte celular. De acuerdo con Aydin *et al.*, (2003), la administración de una inyección intracerebro-ventricular de EPO inmediatamente después del inicio de la hipoxia isquémica en neonatos de rata, disminuyó el daño cerebral hipóxico-isquémico.

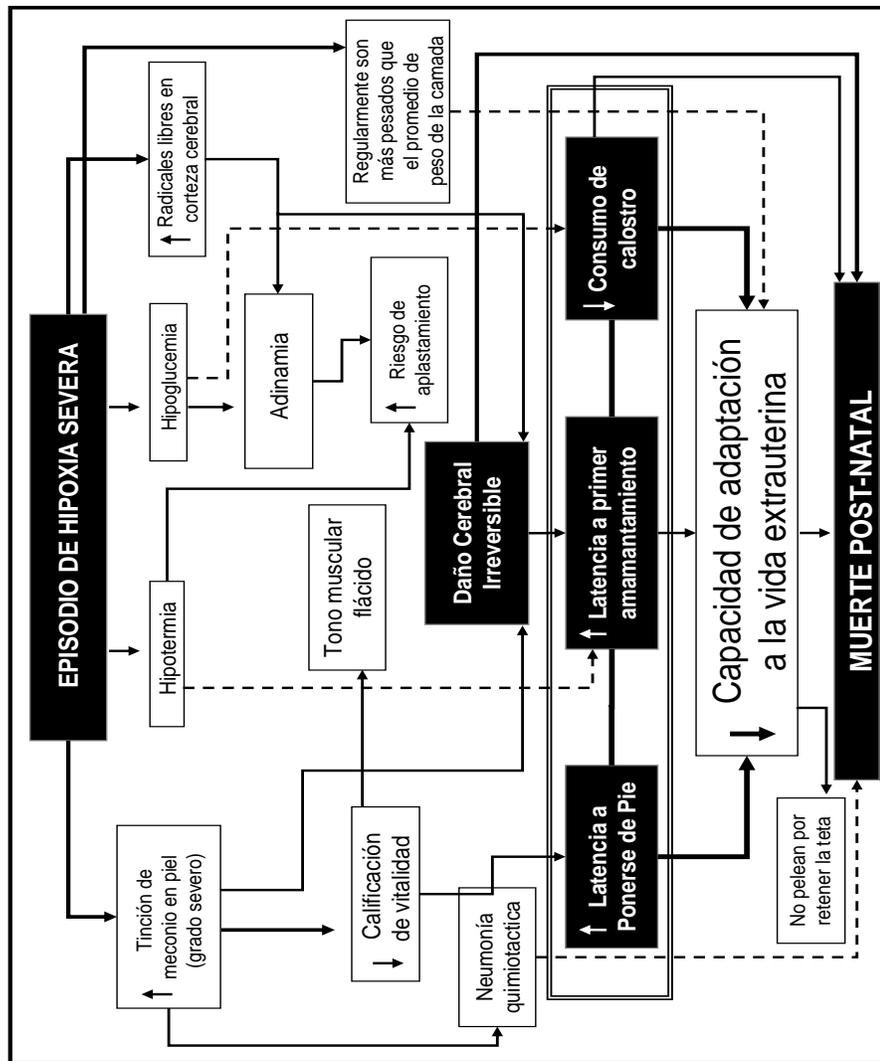


Figura 2. Factores que predisponen a muerte post-natal asociados a hipoxia crónica perinatal.

Las alteraciones del flujo sanguíneo cerebral inducidas por la asfixia son igualmente importantes para la comprensión de la génesis de los daños al nacimiento, ya que inicialmente hay una redistribución del gasto cardíaco en el que una gran proporción se destina al cerebro, con un incremento del 30% al 175% del flujo cerebral sanguíneo. Al mismo tiempo, se presenta una pérdida de la autorregulación vascular cerebral. A consecuencia de esto, las arteriolas cerebrales no son capaces de responder a los cambios en la presión de perfusión y a las concentraciones de anhídrido carbónico, originando por tanto un flujo cerebral pasivo dependiente de la presión. Una vez que la autorregulación cerebral no es funcional, el sistema arteriolar es incapaz de responder al

.....
déficit de presión de perfusión por medio de la vasodilatación, originando una disminución drástica del flujo cerebral sanguíneo (Menkes, 1984).

Da Silva *et al.*, (2000) señalan que recientemente la relación entre asfixia intraparto y las anomalías neurológicas han sido cuestionadas y citan varios estudios en los cuales se ha observado una mínima relación entre acidosis metabólica y las consecuencias neurológicas neonatales. Por ejemplo, Adamson *et al.*, (1995) observaron que la mayoría de los problemas neurológicos neonatales fueron correlacionados con piroxia materna durante el parto y con tratamientos con tiroxina y ruptura temprana de las membranas.

Conclusiones

En esta revisión se ha intentado señalar algunos de los mecanismos de estrés neonatal ocasionado por la asfixia neonatal en el cerdo, desde el momento previo al parto hasta las primeras horas después del nacimiento. De la información disponible actualmente, resulta evidente que los fetos en útero están expuestos a diversos factores que provocan interrupción del flujo de oxígeno a través del cordón umbilical, ocasionándoles asfixia con hipoxia y acidosis metabólica, que se traducen en mortinatos tipo II. Dentro de estos factores se encuentran la duración del parto e intervalo entre lechones; el uso de oxitócicos al parto; la susceptibilidad del cerebro en desarrollo a la hipoxia dependiente de la composición de lípidos de la membrana celular cerebral, el desarrollo y modulación de la excitación de receptores neurotransmisores y el Ca^{++} intracelular e intranuclear, entre otros.

Los lechones que padecieron hipoxia presentan baja viabilidad y evidencias de secuelas neurológicas, problemas de aspiración de meconio y/o termorregulación, que consecuentemente les ocasionan un bajo rendimiento o inclusive la muerte debido a que su acceso al calostro en el periodo crítico post-parto es más difícil.

A pesar de los estudios publicados son necesarias más investigaciones para evaluar el estrés fetal durante el parto; la escala de Apgar ampliamente utilizada en bebés, parece

ser una opción en obstetricia porcina. Por otro lado, aparentemente varios de los factores que causan la asfixia también podrían ser el efecto. Por ejemplo, el meconio; la asfixia causa relajación que estimula la respiración del feto *in utero* y por otro lado, la anoxia aumenta la peristalsis intestinal, ocasionando que el feto defecue meconio en el líquido amniótico. Por lo que se concluye que se requiere más investigación enfocada a evaluar la correlación entre los diversos métodos para cuantificar el grado de hipoxia y el vigor de un neonato, con la finalidad de avanzar en el conocimiento de la fisiopatología de la hipoxia en lechones y obtener indicadores que permitan su aplicación práctica para disminuir las pérdidas por mortalidad perinatal.

Referencias

- Adamson, S. J., Alessandri, L., Badawi, N., Burton, P. R., Pemberton, P. J., Stanley, F. 1995. Predictors of neonatal encephalopathy in full term infants. *Br. Med. J.* 311:598-602. (Citado por da Silva *et al.*, 2000).
- Alonso-Spilsbury, M. 1994. *Characterizing Maternal Abilities in Restrained Multiparous Sows*. Ph D. Thesis. Univ. of Minn. USA. 86 pp.
- Alonso-Spilsbury, M., Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Arch, E., Lopez-Mayagoitia, A., Ramírez-Necochea, R., Olmos, A., Trujillo, M. E. 2004. Use of oxytocin in penned sows and its effect on fetal intra-partum asphyxia. *Anim. Reprod. Sci.* 84:157-167.
- Alonso-Spilsbury, M., Mota-Rojas, D., Villanueva-García, D., Martínez-Burnes, J., Orozco, G. H., Ramírez-Necochea, R., López, A., Trujillo-Ortega, M. E. 2005. Perinatal asphyxia pathophysiology in pig and human: A review. *Anim. Reprod. Sci.* 90:1-30.
- Alward, C. T., Hook, J. B., Helmrath, T. A., Bailie, M. D. 1978. Effects of asphyxia on renal function in the newborn piglet. *Pediat. Res.* 12:225-228.
- Arbay, O., Cifti, F., Cahit, T., Ibrahim, K., Nebil, B., Akgun, H. 1996. In utero defecation by the normal fetus: a radionuclide in the rabbit. *J. Pediatrics Surgery* 31:1409-1412.
- Aydin, A., Gen, K., Akhisaroglu, M., Yorukoglu, K., Gokmen, N. Gonullu, E. 2003. Erythropoyetin exerts neuroprotective effect in neonatal rat model of hypoxic-ischemic brain injury. *Brain & Development* 25 (7):494-498.

- Bracci, R., Perrone, S., Buonocore, G. 2001. Red blood cell involvement in fetal/neonatal hypoxia. *Biology of the Neonate* 79:210-212.
- Buchmann, E. J., Pattinson, R. C., Nyathikazi, N. 2002. Intrapartum-related birth asphyxia in South Africa- lessons from the first national perinatal care survey. *South African Medical J.* 92:897-901.
- Challis, J. R., Fraher, L., Oosterhuis, J., White, S. E., Bocking, A. D. 1989. Fetal and maternal endocrine responses to prolonged reductions in uterine blood flow in pregnant sheep. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 160: 926-932.
- Chiang, F. E., Rodway, R. G. 1997. Determinations of umbilical cord beta-endorphin concentration and blood gas parameters in newborn piglets. *Res. Vet. Sci.* 63:107-111.
- Cruz, H. M. 1994. *Tratado de Pediatría*. Barcelona: Edit. Espaxs. 142 pp.
- Cunningham, J. G. 1997. *Fisiología Veterinaria*. México: McGraw Hill-Interamericana. pp. 662, 697-703.
- Curtis, S. 1974. Responses of the piglet to perinatal stressors. *J. Anim. Sci.* 38 (5):1031-1036.
- Da Silva, S., Hennebert, N., Denis, R., Wayenberg, J. L. 2000. Clinical value of a single postnatal lactate measurement after intrapartum asphyxia. *Acta Pediatr.* 89:320-323.
- Deshpande, S. A., Platt, M. P. W. 1997. Association between blood lactate and acid-base status and mortality in ventilated babies. *Arch. Dis. Child.* 76, F15-20.
- Dial, G. D., Almond, G. W., Hilley, H. D., Repasky, R.R., Hagan, I. 1987. Oxytocin precipitation of prostaglandin-induced farrowing in swine: determination of the optimal dose of oxytocin and optimal interval between prostaglandin F_{2α} and oxytocin. *Am. J. Vet. Res.* 48:966-970.
- English, P. R., Wilkinson, V. 1982. Management of the sow and litter in late pregnancy and lactation in relation to piglet survival and growth. En: *Control of Pig Reproduction*. DJA Cole y GR Foxcroft (Eds.). London: Butterworths. pp. 479-506.
- Fahmy, M. H., Flipot, P. 1981. Duration of farrowing and birth and nursing order in relation to piglet growth and survival. *World Review of Anim. Prod.* 18 (4):17-24.

- Flores, S. M. 1996. Reanimación del recién nacido. En: *Urgencias en Pediatría*. Rodríguez SR, Velásquez JL, Valencia MP, Nieto ZJ, Serrano SA (Eds.). México: Interamericana-Mc Graw Hill. pp. 97-100.
- Fraser D, Phillips, P. A., Thompson, B. K. 1997. Farrowing behaviour and stillbirth in two environments: an evaluation of the restraint-stillbirth hypothesis. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 55:51-66.
- Gilbert, C. L. 1999. Oxytocin secretion and management of parturition in the pig. *Reprod. Dom. Anim.* 34:193-200.
- Gilstrap, L. C., Leveno, J. K., Burris, J., Williams, L. M., Little, B. B. 1989. Diagnosis of birth asphyxia on the basis of fetal pH, Apgar score, and newborn cerebral dysfunction. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 161 (3):825-830.
- Goldenberg, R. L., Huddleston, J. F., Nelson, K. G. 1984. Apgar score and umbilical arteria pH in preterm newborn infants. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 149:651-4
- Greenough, A., Lagercrantz, H., Pool, J., Dahlin, I. 1987. Plasma catecholamine levels in preterm infants. *Acta Paediatr. Scand.* 76:54-59.
- Guyton, C. A., Hall, E. J. 1997. *Tratado de Fisiología Médica*. México: Mc Graw Hill-Interamericana. 1031 pp.
- Herpin, P., Le Dividich, J., Claude, H. J., Fillaut, M., De Marco, F., Bertin, R. 1996. Effects of the level of asphixia during delivery on viability at birth and early postnatal vitality of newborn pigs. *J. Anim. Sci.* 74:2067-2075.
- Herpin, P., Hulin, J. C., Le Dividich, J., Fillaut, M. 2001. Effect of oxygen inhalation at birth on the reduction of early postnatal mortality in pigs. *J. Anim. Sci.* 79:5-10.
- James, C., George, S. S., Gaunekar, N., Seshadri, L. 2002. Management of prolonged pregnancy: a randomized trial of induction of labour and intrapartum foetal monitoring. *National Medical J. India* 14, 270-273.
- Jasso, L. 2002. *Neonatología Práctica*. México: Manual Moderno. pp. 363-378.
- Josten, B. E., Johnson, T. R. B., Nelson, J. P. 1987. Umbilical cord blood pH and Apgar scores as an index of neonatal health. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 157:843-8.

- Lacoius, P. A. 1987. *Asphyxia*. NY: Edit. Plenum. Medical. Book Co. pp. 17-59.
- Lucia, T., Correa, M. N., Deschamps, J. C., Bianchi, I., Donin, M. A., Machado, A. C., Meincke, W. y Matheus, J. E. M. 2002. Risk factors for stillbirths in two swine farms in the south of Brazil. *Prev. Vet. Med.* 53:285-292.
- Mathews, C. K., van Holde, K. E., Ahern, K. G. 2002. *Bioquímica*. España: Addison Wesley. pp. 503-519.
- Menkes. 1984. "Trauma y asfixia perinatal". En: *Manual del Recién Nacido*. Avery, ME, Taeusch W. (Eds.). México: Interamericana-McGraw-Hill. pp. 694-695.
- Morel, M. I., Anyaegbunam, A. M., Mikhail, M. S. 1994. Oxytocin augmentation in arrest disorders in the presence of thick meconium: influence on neonatal outcome. *Gynecol. Obstet. Invest.* 37:21-24.
- Mota, R. D., Ramírez, N. R. 1997. Observaciones clínicas sobre lechones nacidos muertos intraparto. *Memorias del VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en Cerdos (ALVEC)*. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. p. 139.
- Mota, R. D., Ramírez, N. 1997. Lesiones claves para la identificación de la muerte por asfixia en el neonato. *Memorias del VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en Cerdos (ALVEC)*. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. p. 122.
- Mota, D., Martínez, J., Ramírez, R., López, A., Alonso, M., de la Cruz, D., García, A. C., Gallegos R. 2001a. Nacimiento de lechones con líquido amniótico teñido con meconio y su relación con muertes intraparto. *Memorias del XXXVI Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos*. Querétaro, México. p 71.
- Mota, D., Martínez, J., Ramírez-Necochea, R., López-Mayagoitia, A., Trujillo, M. E., Alonso-Spilsbury, M., García-Contreras, C. A. 2001b. El SAM, patología común entre neonato humano y porcino. *Los Porcicultores y su Entorno* 4 (22):4-10.
- Mota, R. D., Martínez-Burnes, J., Trujillo, O. M. E., Alonso-Spilsbury, M., Ramírez-Necochea, R., López-Mayagoitia, A. 2002a. Oxytocin administration during parturition and effects on umbilical cord and neonatal mortality in pigs. *Am. J. Vet. Res.* 63:1571-1574.
- Mota, R. D., Martínez-Burnes, J., Alonso, S. M., López, M. A., Ramírez, N. R., Trujillo, O. M. E., de la Cruz, N. D., García, C. A., Gallegos, S. R. 2002b. Meconium aspiration

.....
 syndrome, a common pathology between newborn infants and piglets. *17th International Pig Veterinary Society (IPVS) Congr. Proc.* June 2-5. Iowa, USA. p. 300.

Mota, R. D., Martínez, B. J., Trujillo, O. M., Alonso, S. M., Ramírez, N. R., López, M. A. 2002c. Use of oxytocin during farrowing: effects on the umbilical cord and neonatal deaths in pigs. *17th International Pig Veterinary Society (IPVS) Proc.* June 2-5. Iowa. USA. p. 685.

Mota, R. D., Alonso-Spilsbury, M., Ramírez-Necoechea, R. 2002. Factores involucrados en la respuesta inmune y en la supervivencia del neonato porcino. *Memorias del 3er Curso de Actualización sobre Inmunología Veterinaria.* UAM-X. Auditorio Vicente Guerrero. 23-25 Enero. pp. 31-33.

Mota-Rojas, D., Trujillo, O. M. E., Martínez, J., Rosales, A. M., Orozco, H., Ramírez, R., Sumano, H., Alonso-Spilsbury, M. 2005a. Comparative routes of oxytocin administration in crated farrowing sows and its effects on fetal and postnatal asphyxia. *Anim. Reprod. Sci.* 92(1-2):123-43.

Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Alonso, M., López, A., Ramírez, R., Trujillo, M. E., Medina, H. F., de La Cruz, N., Albores, V., Gallegos, S. R. 2005b. Meconium staining of the skin and meconium aspiration in porcine intrapartum stillbirths. *Livest. Sci.* 102:155-162

Mota-Rojas, D., Nava-Ocampo, A., Trujillo-Ortega, M. E., Velázquez-Armenta, Y., Ramírez-Necoechea, R., Martínez-Burnes, J., Alonso-Spilsbury, M. 2005c. Dose minimization of oxytocin in early labor in sows: uterine activity and fetal outcome. *Reproductive Toxicology* 20:255-259.

Mota-Rojas, D., Rosales, T. A., Trujillo, M.E., Orozco, R. H., Ramírez, R., Alonso-Spilsbury, M. 2005d. The effects of vetrabutin chlorhydrate and oxytocin on stillbirth rate and asphyxia in swine. *Theriogenology.* 64(9):1889-1897.

Mota-Rojas, D. 2005e. *Aplicación de oxitocina en diferentes esquemas de tratamiento en cerdas al parto y su efecto sobre la dinámica uterina, grado de asfixia, mortalidad fetal y vitalidad neonatal.* Tesis Doctoral. Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa/Xochimilco. México D.F. 226 p.

Mota-Rojas, D.; Villanueva-García, D.; Velázquez-Armenta, Y.; Nava-Ocampo, A.; Ramírez, N.R.; Alonso-Spilsbury, M. and Trujillo-Ortega, M.E. 2007. "Influence of

time at which oxytocin is administered during labor on uterine activity and perinatal death in pigs". *Biological Research*. 40: 55-63.

Phibbs, R. H. 1994. Bases fisiológicas para la reanimación. En: *Cuidados Intensivos Neonatales*. Sola, A., Urman, J. (Eds.). Científica Americana. pp.16-18.

Pineda, E. M., Rodríguez, M. E. A. 2002. *Valor Predictivo del Test Estresante en el Diagnóstico de Circular de Cordón Umbilical en Recién Nacidos de Madres Atendidas en el Instituto Materno Perinatal*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Humana. EPAP de obstetricia. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.

Piquard, F., Schaefer, A., Dellenbach, P., Haberey, P. 1991. Is fetal acidosis in the human fetus maternogenic during labor? A reanalysis. *Am. J. Physiol.* 261: R1294-R1299. (Citado por da Silva *et al.*, 2000).

Prakash, M. O., Delivoria, P. M. 1999. Cellular mechanisms of hypoxic injury in the developing brain. *Brain Res. Bull.* 48 (3):233-238.

Provis, V. N., Moynihan, M. 1999. Neonatal resuscitation in the isolated setting. *Aust. J. R. Health* 7: 115-120.

Quisber, V. L. 1995. *Neonatología*. México: Interamericana-Mc Graw Hill.

Ramírez, N. R., Mota, R. D., Alonso, S. M. 1999. La oxitocina reduce la duración del parto, pero no la mortalidad intra-parto. *Memorias del VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Veterinarios Especialistas en Cerdos (ALVEC) y VII Congreso del Organismo Iberoamericano de Porcicultores (OIP)*. Universidad de Colima, Col. 10 al 14 de Noviembre. pp. 88-89.

Randall, G. C. B. 1971. The relationship of arterial lood pH and pCO₂ to the viability of the newborn piglet. *Can. J. Comp. Med. Vet. Sci.* 35:141-146.

Randall, G. C. B. 1972a. Observations on parturition in the sow. I. Factors associated with the delivery of the piglets and their subsequent behaviour. *Vet. Rec.* 90:178-182.

Randall, G. C.B. 1972b. Observations on parturition in the sow. II. Factors influencing stillbirth and perinatal mortality. *Vet. Rec.* 90:183-186.

-
- Randall, G. C. B. 1979. Studies on the effect of acute asphyxia on the fetal pig *in utero*. *Biol. Neonate* 36:63-69.
- Saling, E., Langner, K. 1991. Fetal acid-base measurements in labour. En: *Fetal Monitoring. Physiology and Techniques of Antenatal and Intrapartum Assessment*. Spencer JA. (Ed.). UK: Oxford Univ. Press. pp. 172-177.
- Singer, D. 1999. Neonatal tolerance to hypoxia: a comparative physiological approach. *Brain Res. Bull.* 48 (3):233-238.
- Spicer, E. M., Fahy, V. A., Cutler, R. S. 1990. Management of the farrowing sow. En: JAA Gardner; AC Dunkin & LC. Lloyd (eds.). *Pig Production in Australia*. Sydney: Butterworths. pp. 252-256.
- Sprecher, D. J., Leman, A. D., Dziuk, P. D., Cropper, M., DeDrecker, M. 1974. Causes and control of swine stillbirths. *JAVMA* 165:698-701.
- Sprecher, D. J., Leman, A. D., Carlisle, S. 1975. Effects of parasymphomimetics on porcine stillbirth. *Am. J. Vet. Res.* 36:1331-1333.
- Stanton, H. C., Carroll, J. K. 1974. Potential mechanisms responsible for prenatal and perinatal mortality or low viability of swine. *J. Anim. Sci.* 38 (5):1037-1044.
- Steer, P. J., Eigbe, M. F., Lissauer, M. T. J., Beard, R. W. 1989. Interrelationships among abnormal cardiotocograms in labor, meconium staining of the amniotic fluid, arterial cord blood pH, and Apgar Scores. *Obstet. Gynecol.* 74:715-721.
- Straw, B. E., Bush, E. J., Dewey, C. E. 2000. Types and doses of injectable medications given to periparturient sows. *JAVMA* 216:510-515.
- Svendsen, L. S., Bengtsson, A. C. 1986. Reducing perinatal mortality in pigs. En A Leman, B Straw, RD Glock *et al.* (Eds). *Disease of Swine*. Ames, IA. Iowa Univ. Press. pp. 813-825.
- Svendsen, J., Bengtsson, A. C., Svendsen, L. S. 1986. Occurrence and causes of traumatic injuries in neonatal pigs. *Pig News & Info.* 7:159-170.
- Thacker, S. B., Stroup, D., Chang, M. 2001. Continuous electronic heart rate monitoring for fetal assessment during labour. *The Cochrane Library* 2.

-
- Tucker, J. M., Hauth, J. C. 1990. Intrapartum assessment of fetal well-being. *Clin. Obstet. & Gynecol.* 33:515.
- Varley, M. A. 1995. *The Neonatal Pig. Development and Survival*. U.K.: CAB International.
- Vispo, S. N., Meana, J., Karatanasópuloz, C., Casal, J. P., Casal, J. I. 2002. Sufrimiento fetal agudo. *Revista de posgrado de la Vía Cátedra de Medicina* 112: 21-25.
- Welp, C., Jöchle, W., Holtz, W. 1984. Induction of parturition in swine with prostaglandin analog and oxytocin: a trial involving dose of oxytocin and parity. *Theriogenology* 22:509-520.
- Wyatt, J. 2002. Applied physiology: brain metabolism following perinatal asphyxia. *Current Pediatrics* 12 (3): 227-231.
- Zaleski, H. M., Hacker, R. R. 1993a. Variables related to the progress of parturition and probability of stillbirth in swine. *Can Vet. J.* 34:109-113.
- Zaleski, H. M., Hacker, R. R. 1993b. Effect of oxygen and neostigmine on stillbirth and pig viability. *J. Anim. Sci.* 71:298-305.
- Zapata, M. Y. E., Zurita, S. N. N. 2002. Valor predictivo del monitoreo electrónico fetal en el diagnóstico de distocia funicular en el IMP. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Humana. EPAP de obstetricia. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú. 36 pp.

Evaluación del bienestar animal en granjas porcinas

Dra. María de Lourdes Alonso Spilsbury
Área de Investigación: Ecodesarrollo de la Producción Animal. Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. Calzada del Hueso 1100. Col. Villa Quietud. México, D. F.

Introducción

El bienestar animal (BA) se ha convertido en los últimos 40 años, en un asunto importante de política pública internacional; el sector agropecuario está cambiando vertiginosamente debido a las tendencias mundiales de globalización, internacionalización de mercados y acuerdos comerciales multinacionales.

Por otro lado, también existe presión del público como agente de cambio, por tratar mejor a los animales, ya sea de compañía, entretenimiento o de abasto; evidencia de ello son las crecientes manifestaciones de la población civil en varias partes de mundo, incluyendo nuestro país, en pro del bienestar animal.

Por lo expuesto, se hace necesario contar con instrumentos de evaluación, criterios de medición e indicadores a evaluar con la finalidad de realizar auditorías y evaluaciones de bienestar animal, sobre todo en la producción intensiva. A continuación se muestran los indicadores generales que se están empleando en el mundo para realizar evaluaciones de bienestar en los cerdos confinados, explicando primeramente, en qué consisten los indicadores de evaluación.

Evaluaciones y Auditorías de Bienestar Animal

La evaluación científica del BA es una tarea difícil, requiere de varias disciplinas con una variedad de enfoques. Las evaluaciones tienen distintos niveles de aplicación. Se proponen evaluaciones diarias mediante una revisión y registro de puntos críticos por parte del productor, evaluaciones mensuales a más profundidad, llevadas a cabo por el veterinario, y de forma anual, se efectúan auditorías llevadas a cabo por entes con certificación oficial en países de la Comunidad Europea. A la larga, las auditorías han demostrado que mejoran el bienestar de los animales (Grandin, 2006)

Indicadores de Bienestar Animal

Existe una necesidad de emplear métodos fiables de evaluación, para esto, el BA debe valorarse utilizando parámetros o indicadores que puedan medirse de forma objetiva y que sean un reflejo del bienestar de los animales. Debido a que el concepto de BA incluye aspectos diferentes como emociones, capacidad de adaptación y conducta, es incorrecto emplear un solo indicador. Deben considerarse parámetros relacionados con la alimentación, alojamiento, salud, comportamiento y emociones, procurando emplear sólo mediciones objetivas.

Se pueden emplear indicadores basados en el animal, en el medio ambiente o en el operario. Los indicadores basados en el ambiente permiten decidir cuáles estrategias de mejora son las más adecuadas y en algunos casos, resultan más prácticos que aquellos indicadores basados en el animal. Como se señaló, no es recomendable usar solamente un indicador, lo más conveniente es utilizar una batería de indicadores con un enfoque integral.

Instrumentos de Evaluación del Bienestar Animal

El Proyecto Welfare Quality®

Si bien el bienestar animal no es hoy una barrera no arancelaria del mercado internacional, lo podrá ser en el corto y mediano plazo, y debemos estar preparados. En mayo de 2004, inició un proyecto de investigación europeo, financiado por la Comisión Europea (con 17 millones de Euros), que consiste en un consorcio de 44 socios (instituciones y universidades), representando 13 países europeos y 4 de América Latina (Brasil, Chile, México y Uruguay). Este instrumento de cooperación entre la UE y Latinoamérica, intenta estandarizar todas aquellas variables que comprometen el BA en los diferentes niveles de la cadena productiva, bajo los siguientes propósitos: desarrollar un sistema de valoración del BA en condiciones de granja, desarrollar estrategias que permitan mejorar el bienestar de los animales de granja, comprender la percepción del consumidor sobre el bienestar de los animales de abasto, y crear esquemas de certificación para el etiquetado de productos amigables con el BA. La evaluación se realiza en dos sitios: en granja y rastro.

De acuerdo con el Welfare Quality®, son 4 los principios que se deben respetar para garantizar el bienestar del animal: alimento, confort, salud y habilidad para expresar su conducta natural. Estos principios se clasifican en 12 criterios independientes y más

precisos (Cuadro 1), que son medibles, y por lo tanto se pueden calcular para cada criterio y para cada especie bajo consideración (Mounier *et al.*, 2010).

Dichos criterios de evaluación son basados en su mayoría, en el animal y no en el ambiente, por lo tanto aportan información real sobre el estado de los animales y son aplicables a varios sistemas diferentes de producción (Huertas, 2007).

La conceptualización del término bienestar animal por The Welfare Quality® no solo consiste en una lista de criterios relevantes, sino también en la agregación jerárquica de procedimientos para evaluar el BA. Las evaluaciones que recomienda dicho consorcio están basadas en mediciones confiables y válidas, registradas por observaciones conductuales y de salud de los animales (Cozzi *et al.*, 2008).

Cuadro 1. Protocolo de Evaluación de Bienestar Animal de acuerdo con el Welfare Quality®

Principios	Criterios
Alimentación	Ausencia de hambre prolongada
	Ausencia de sed prolongada
Alojamiento	Confort en relación al descanso
	Confort térmico
	Facilidad de movimiento
Estado sanitario	Ausencia de lesiones
	Ausencia de enfermedades
	Ausencia de dolor causado por el manejo
Comportamiento	Expresión de comportamiento social adecuado
	Expresión adecuada de otras conductas
	Relación humano-animal positiva
	Estado emocional positivo

Fuente: [http:// www.welfarequality.net](http://www.welfarequality.net) (Consultado en octubre 22, 2010).

Los protocolos del Welfare Quality® están estructurados en: principio, criterios e indicadores. Como se señaló, son 4 los principios: alimentación correcta, alojamiento adecuado, buena salud y comportamiento apropiado (Botreau *et al.*, 2009). En octubre de 2009, fue publicado el primer protocolo para la evaluación del BA de animales de granja o en matanza, desarrollado por investigadores del proyecto Welfare Quality®, precisando

los criterios de BA en los términos que se exponen en el Cuadro 1. Hasta el momento, están desarrollados los protocolos para evaluar el bienestar en cerdos, ganado vacuno de leche y carne, aves de postura y pollos; todos ellos se pueden consultar en la hoja web del proyecto: www.welfarequality.net, incluso con la versión en español. Existe un protocolo para cerdos de engorda y otro para cerdas y lechones.

En el Cuadro 2, se exponen los 12 criterios con los indicadores correspondientes que se emplean en el caso de auditorías para evaluar el bienestar de los cerdos en granja, con una adaptación de la autora, explicando entre paréntesis si se trata de animales de: C: pie de cría, L: lechones, Crec.: crecimiento y E: engorda.

A continuación se describen los indicadores que son evaluados en la auditoría del Welfare Quality® para cerdos, de acuerdo con los expertos españoles del grupo de colaboradores de Antonio Velarde (Velarde *et al.*, 2010), que dicho sea de paso, participaron en buena medida en la elaboración y validación de los mismos, con la vasta experiencia que tienen en el área.

Cuadro 2. Criterios e Indicadores Empleados en la Auditoría del BA en Cerdos, según el Protocolo de Welfare Quality®

Sub-criterio de BA	Mediciones de Welfare Quality® para Cerdos
Ausencia de hambre prolongada	Condición corporal (C,E); Edad al destete (L)
Ausencia de sed prolongada	Provisión de agua (cantidad, tiempo) (C,L,E)
Confort al descansar	Bursitis y úlceras en hombro (C). Suciedad del animal (C,L)
Confort térmico	Jadeo, amontonamiento (C,L) +temblores (E)
Facilidad de movimiento	Pararse y acostarse (jaulas). Espacio disponible (Crec. y E)

Ausencia de daño tisular	Cojeras (C,L,E). Heridas en cuerpo (C,L,E), Mordida de cola (E)
Ausencia de enfermedad	Mortalidad. Presencia de tos, estornudos, diarrea, prolapso rectal (C, L, E). Constipación, metritis, mastitis, prolapso uterino, hernias, infecciones locales (C). Patas abiertas (L). Trompas chuecas (E)
Ausencia de dolor ante procedimientos quirúrgicos	Descolado, Castración y Descolmillado (L)
Expresión de conductas sociales	Conducta social (C,E)
Expresión de otras conductas	Conductas orales anormales (mamado de ombligo, mordida de cola, orejas/vulva) (C). Estereotipias y lengua enrollada (C). Exploración
Buenas relaciones hombre-animal	Miedo al hombre
Estados emocionales positivos	Evaluación Cualitativa de la Conducta (QBA) (C, L, E).

Todas las mediciones son de tipo nominal: otorgando 0, cuando es correcto y 2, cuando no es correcto, con el 1, intermedio en la calificación, como se puede apreciar a continuación: Para el primer criterio, se evalúa la condición corporal mediante inspección visual y palpación de los huesos de la cadera y la columna vertebral; una buena condición se evalúa como 0, en tanto que un animal flaco tendrá una calificación de 2. Para el segundo criterio se considera el número de bebederos, funcionamiento y limpieza. Recuerde que estos dos criterios corresponden al principio de Alimentación.

El principio de Alojamiento comprende 3 criterios, así, el tercer criterio es el confort durante el descanso, que se evalúa a través de la presencia de bursitis (inflamación de las articulaciones) en las extremidades y la presencia de heces en el cuerpo. El descanso de los animales sobre una superficie dura y abrasiva hace que aparezcan las bursitis, mismas que se clasifican según su número, dimensiones y estado (presencia de necrosis, herida abierta etc.). La presencia de heces en el cuerpo indica que los animales descansan sobre una zona sucia, por lo que su confort durante este periodo, también se

ve perjudicado. El cuarto criterio es una temperatura efectiva adecuada; el estrés por frío se evalúa a partir de la presencia de animales tiritando o que se apiñan cuando están echados. El estrés por calor se mide a partir de la presencia de animales jadeando. En tanto que el quinto criterio es la facilidad de movimiento, y se mide a partir de la disponibilidad de espacio en las distintas zonas utilizadas por los cerdos (densidades, jaulas de maternidad, etc.).

Respecto al principio de Salud, el sexto criterio se refiere a la ausencia de lesiones, ya sea por heridas en el cuerpo producidas por peleas o golpes, lesiones por mordida de colas o de vulvas, y cojeras. En este sentido, el protocolo sólo evalúa cojeras severas (cuando el animal no apoya una extremidad) o muy severas (cuando no puede levantarse). El séptimo criterio es la ausencia de enfermedades: se evalúan animales con problemas respiratorios (tos, estornudos, rinitis atrófica), digestivos (diarrea, prolapso rectal, estreñimiento), reproductivos (mastitis, prolapso uterino), patas abiertas en lechones, condición de la piel (inflamaciones generalizadas, quemaduras, sarna), abscesos y presencia de hernias inguinales o umbilicales que dificulten el movimiento de los animales. El octavo criterio es la ausencia de dolor inducido por manejo, sacrificio o intervención quirúrgica (por ejemplo, castración o descole), y se evalúan los criterios de eutanasia y manejo de los animales enfermos, rutina de limpieza y desinfección, y prácticas de castración y corte de colas. Aquí cabe señalar que se pone en juego la legislación vigente en varios países de la Comunidad Europea, donde por ejemplo, está prohibido descolar y la castración de cerdos se debe realizar mediante el uso de tranquilizantes y analgésicos.

Finalmente, en el principio de Comportamiento, se evalúan los últimos cuatro criterios del protocolo; ellos son: el criterio noveno, considera que los cerdos puedan mostrar comportamientos propios de la especie, tales como el comportamiento social y el exploratorio (hoyar). Para su evaluación, se realizan observaciones repetidas de los animales y se distinguen, en primer lugar, dos tipos: animales inactivos (tumbados y durmiendo) y activos. Los activos se clasifican en los que realizan conductas sociales, conductas de exploración u otras conductas (criterio 10). Dentro de conductas sociales se distingue entre positivas (olisquearse, lamerse) o negativas (morder, desplazar a otro animal y peleas). Dentro de las conductas de exploración se distinguen entre exploración del entorno (cualquier punto del corral excepto bebederos y comederos) y exploración de

material de enriquecimiento. En cerdas gestantes también se evalúa la presencia de estereotipias, que se considera una conducta anómala.

El onceavo criterio es la relación hombre-animal. Cuando el observador entra en el corral los animales pueden reaccionar ignorándolo, alejándose, acercándose para olisquearlo o huyendo con conducta de pánico. Esta última es la única de las cuatro posibilidades que se valora como muy negativa en el protocolo. Finalmente, el criterio 12 evalúa el estado emocional de los animales mediante una prueba de comportamiento cualitativo en diferentes puntos de la granja. Esta prueba pretende recoger información de cómo los animales se comportan e interactúan entre ellos y con el entorno, y se basa en el lenguaje corporal del animal utilizando una escala para 20 descriptores de las emociones del cerdo.

En términos generales, este tipo de evaluaciones toma 5.5 horas en granja. Nuestra experiencia en México, es de casi 10 horas (Alonso-Spilsbury *et al.*, 2011).

Los resultados que se obtienen mediante dicho protocolo, independientemente para cada una de las diferentes medidas, se combinan para calcular la puntuación final obtenida de cada criterio. Las medidas que se encuentran dentro de un mismo criterio se ponderan con base en la opinión de diversos paneles científicos, combinándose para obtener una puntuación final en una escala entre el 0 y el 100, en el que 0 significa más problemas de bienestar y 100 la mejor situación para ese criterio concreto. Esta evaluación debe servir para identificar los problemas de bienestar y asesorar al productor sobre las estrategias de mejora en cada uno de los criterios (Velarde y Dalmau, 2010).

La valoración final de una granja, se obtiene de combinar las cuatro puntuaciones (de 0 a 100) obtenidas para cada uno de los principios evaluados. La puntuación de excelente, según los expertos, se puede considerar con valores a partir de 80, la de buena con puntuaciones superiores a 55, y aceptable con puntuaciones superiores a 20. No obstante, una vez más, los valores están ponderados, de tal modo que para obtener una puntuación de excelente, los cuatro principios deben tener una puntuación mínima de 55 y dos de ellos por encima de 80 (Velarde y Dalmau, 2010).

Swine Welfare Assurance Program

Otro instrumento de evaluación del BA, muy en boga en los EEUU, lo constituye el SWAPSM (*Swine Welfare Assurance Program*), lanzado en agosto de 2003 por el National Pork Board (2003), como un programa voluntario para auditar el bienestar animal en granjas porcinas. El programa cuenta con la asesoría de 12 científicos internacionales, expertos en distintas áreas que son: fisiología, conducta, producción, medicina veterinaria, alojamientos, manejo, personal y entrenamiento.

Este programa está diseñado para evaluar el bienestar animal realizando mediciones de conducta, producción y fisiología. El índice de bienestar evalúa: registros en granja, animales y condiciones de alojamiento; es aplicable en todos los tipos de producción y/o sistemas. Viene acompañado con un cuadernillo que contiene definiciones, número de animales a observar, una introducción, aspectos regulatorios de la Unión Americana respecto al BA y códigos de manejo del productor, y contempla 5 áreas: los cerdos, los registros, los operarios, las contingencias y los procesos productivos. En términos generales, el SWAPSM se basa en 9 principios de bienestar y cuidado de los cerdos, ellos son:

- 1) Salud y nutrición de la piara: porcentaje de cojeras, lesiones, heridas.
- 2) Entrenamiento del operario
- 3) Observación de los animales: respuesta al miedo
- 4) Calificación de la condición corporal
- 5) Eutanasia
- 6) Movimiento y manejo
- 7) Instalaciones: espacio, condiciones del piso y equipo, distribución de comida y agua, corrales hospital.
- 8) Apoyo de emergencias
- 9) Evaluación y educación continua.

Conclusiones

El protocolo de Welfare Quality® y el Proyecto SWAPSM, son excelentes herramientas para evaluar el bienestar de los cerdos en granja. Sin embargo, habrá que hacer adaptaciones tomando en cuenta las dimensiones regionales y culturales, así como los sistemas de producción imperantes en nuestro país, pues en ambos se basaron

utilizando la reglamentación en bienestar animal de sus regiones (Comunidad Europea y EEUU).

Finalmente, sólo quiero señalar que existen más de 50 indicadores para realizar una auditoría de bienestar animal en granjas porcinas, desde la crianza en granja hasta su manejo previo al sacrificio en las plantas de faenado. La decisión de cuáles de ellos emplear dependerá de las condiciones, tipo de alojamiento y sobre todo, de la legislación que nos regule. Desafortunadamente, en nuestro país, no ha pasado por su aprobación en la Cámara de Senadores, la propuesta de Ley General de Bienestar Animal que se viene gestionando por algunos grupos de académicos y activistas desde hace ya una década.

Referencias

- Alonso-Spilsbury, M.; Baltazar, C. J.; Ortiz, S. S.; Rosales, T. C.; Baltazar, D. y Ramírez-Necochea, R. 2011. Auditoría de bioseguridad y bienestar animal en una granja porcina de ciclo completo. *Memorias del XLVI Congreso Nacional AMVEC, A.C.* Puerto Vallarta, Jal., 20-23 de julio. p. 152.
- Botreau, R.; Veisser, I. & Pern, P. 2009. Overall assessment of animal welfare: Strategy adopted in Welfare Quality®. *Anim. Welfare*, 18 (4): 363-370.
- Cozzi, G.; Brsak, M.; Gottardo, F. 2008. Animal welfare as a pillar of a sustainable farm animal production. *Acta Agric. Slovenica*, 91 (Suppl. 2): 23-31.
- Grandin, T. 2006. Progress and challenges in animal handling and slaughter in the USA. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 100: 129-139.
- Huertas, S. 2007. INCO-Welfare Quality® project para América Latina y Uruguay. *Foro Bienestar Animal Nuevos Horizontes para el Siglo XXI. Una Perspectiva Internacional y Regional.* Montevideo, Uruguay. 24 y 25 de abril.
- Mounier, L; de Boyer, A & Vessier, I. 2010. Assessment of animal welfare using the Welfare Quality® method. *Point Veterinaire*, 41 (407): 53-60.
- National Pork Board. 2003. *Pork Checkoff. Swine Welfare Assurance Program. A Program of America's Pork Producers.* USA: National Pork Board. 52 pp. Disponible en: <http://www.porkboard.org/SWAPHome/>
- Velarde, A. y Dalmau, A. 2010. Evaluación del bienestar: Protocolo Welfare Quality®. Disponible en: <http://www.3tres3.com/opinion/ficha.php?id=2946>. Consultado el 20 de octubre, 2010.
- Velarde, A.; Temple, D. y Dalmau, A. 2010. Welfare Quality®: Medidas en granja. Disponible en: <http://www.3tres3.com/opinion/ficha.php?id=2977>. Consultado el 20 de octubre, 2010.

Evaluación del bienestar animal durante el transporte y previo a la matanza del cerdo

Daniel Mota Rojas
Patricia Roldan Santiago
Isabel Guerrero Legarreta
Héctor Orozco Gregorio
Marcelino Becerril Herrera
Ramiro Ramírez Necochea

Entre aquellos factores *ante-mortem* con capacidad para alterar el bienestar animal y poner en compromiso la calidad de la carne y sus productos derivados, se encuentran el transporte, el ayuno previo al sacrificio y la duración del mismo. Es ampliamente reconocido que alimentar a los animales en las horas inmediatas al sacrificio lleva implícito un considerable aumento de efectos indeseables asociados con un incremento del estrés y del comportamiento agresivo que reflejan alteraciones tanto en el bienestar animal como en los niveles de algunas variables sanguíneas, afectando en último término la calidad de la carne (Mota-Rojas *et al.*, 2010, 2011; Huertas-Canén, 2010). La retirada paulatina del alimento permite garantizar unas condiciones de bienestar en los animales durante las fases posteriores de carga, transporte, descarga, estabulación y manejo pre-sacrificio, necesarias para reducir los niveles de estrés y agresividad, así como para mejorar la calidad de la carne y el rendimiento de las canales porcinas.

El transporte de los cerdos al rastro es un tema que involucra la participación de todos los agentes productivos del sector e implica importantes connotaciones económicas. El transporte y la manipulación asociados pueden causar importantes pérdidas a la industria del ganado (Grandin, 2000a; 2010). Aunado a lo anterior, la preocupación social acerca de las consecuencias del transporte sobre el bienestar de los animales ha aumentado paulatinamente durante las últimas décadas, especialmente a raíz de los tratados de libre comercio entre regiones.

En algunos países de Sudamérica ya se ha tomado conciencia de los cambios que en beneficio del bienestar animal y la calidad de la carne deben realizarse. Esto ha sido

logrado como resultado de conferencias, cursos de adiestramiento y distribución de material impreso para los productores, los transportistas y personal de rastros (Gallo, 2008). Existe evidencia científica que muestra que las regulaciones, generalmente basadas en información de países más desarrollados, necesitan ser complementadas o adaptadas para las condiciones locales de cada país. En la mayoría de los países sudamericanos existe una legislación general sobre bienestar animal, pero son pocos los casos basados en estándares de la Organización Mundial de Sanidad Animal (World Organization of Animal Health) o la Oficina Internacional de Epizootias (Office International of Epizooties), que incluyen apartados específicos de transporte de los animales (Gallo, 2008). Para el caso de México se tienen avances importantes, resultando en un proyecto de Iniciativa de Ley General de Bienestar Animal, que tendrá que ser discutida por las partes interesadas antes de ser aprobada en la Cámara de Senadores (Mota-Rojas *et al.*, 2010b).

El transporte inadecuado, los largos tiempos de privación de alimento, así como los malos tratos durante los manejos previos al sacrificio, pueden provocar la muerte de animales con la consecuente pérdida total del producto; más frecuentemente, provocan disminuciones de peso en las canales y hematomas (contusiones, lesiones), que implican recortes de trozos de la canal (“decomisos”).

Otro elemento ineludible es el manejo inadecuado en el período previo a la faena que provoca estrés en los animales; este estrés conlleva a cambios de tipo metabólico y hormonal en el músculo del animal vivo, que se traducen en alteraciones de color, pH y capacidad de retención de agua en el músculo *post-mortem*. Como consecuencia las características de la carne cambian, tornándose menos aceptables al consumidor y acortándose la vida útil del producto (Sánchez-Zapata *et al.*, 2010).

Retomando lo anterior, de nada sirve establecer una buena selección genética implantando modernas tecnologías de reproducción o haber invertido durante meses en la modernización de las instalaciones porcinas para dar el máximo confort a los animales, si no prestamos especial atención al manejo al que son sometidos los cerdos antes de su traslado hacia el rastro (Becerril-Herrera *et al.*, 2009ab, 2010a; Mota-Rojas *et al.*, 2011). Garantizar un manejo adecuado de los animales en la última etapa de su vida, desde que salen de la granja hasta su muerte en los rastros, resulta primordial para garantizar condiciones de bienestar que den respuesta a unas tendencias sociales cada vez más preocupadas con el trato que reciben los animales (Sánchez-

Zapata *et al.*, 2010). Además, satisfacer estas necesidades en los animales representa un beneficio económico y tecnológico directo para la cadena de producción cárnica, al repercutir favorablemente en la calidad final de la materia prima y por ende en la preferencia del consumidor (Mota-Rojas *et al.*, 2009, 2010b).

Asumir estos nuevos compromisos por el sector de la producción porcina no solo permitiría tener un mayor control sobre los factores pre-sacrificio que afectan a los animales, garantizando con ello la calidad del producto final en el mercado, sino que además ayudaría a satisfacer las preferencias de los consumidores, cada día más sensibilizados con que se garantice el bienestar de los animales durante su explotación (Becerril-Herrera 2009ab). Por tal motivo el presente documento pretende dar a conocer la importancia que tiene el Bienestar Animal en el manejo previo a la muerte del cerdo, considerando como elementos clave el transporte, el reposo, y el método de aturdimiento. Asimismo enfatizar de manera directa el impacto que el bienestar animal ejerce en la calidad de la carne, con el fin de que el estudiante de Medicina Veterinaria establezca un mejor criterio de la importancia de evitar el estrés y el sufrimiento de los animales antes de su matanza.

Bienestar animal y transporte

La calidad de vida del animal aumenta al incrementarse la oportunidad de expresar sus comportamientos naturales. Al respecto Hughes (1976), define el bienestar como un estado de completa salud, física y mental donde el animal está en armonía con su ambiente. De acuerdo con Broom (2003), el bienestar animal es el estado de un individuo en relación con sus intentos por afrontar o sobrellevar su ambiente. Esta definición toma en cuenta no sólo cómo el animal puede competir, sino también su esfuerzo de hacerlo. Según Webster (1998), el bienestar de un animal es el estado determinado por su capacidad para evadir estados de sufrimiento y mantener su habilidad inclusiva. Como se aprecia, hay definiciones que conciben el bienestar como un término absoluto, “existente o ausente”, y quienes lo definen como un término relativo, “estado”. Es “el estado en que un animal tiene satisfechas sus necesidades fisiológicas básicas, de salud y de comportamiento, frente a los cambios en su ambiente” (Becerril-Herrera, 2007, 2010ab).

El transporte es considerado como un factor de estrés importante para los animales de granja, pues propicia efectos detrimentales sobre la salud, el bienestar y, en última instancia, sobre la calidad de la carne (Von Borell y Schäffer, 2005). Hoy en día la comercialización del

ganado y su bienestar representan problemáticas globales que afectan todos los sectores de la industria, particularmente al comercio internacional y la demanda de un alimento de óptima calidad (Kusina *et al.*, 2003).

Durante el transporte, los cerdos están expuestos a situaciones que comprometen su bienestar (Warriss, 1998a), debido a que se conjugan numerosos factores de perturbación, que se pueden clasificar en dos tipos: físicos y conductuales. El primero es resultado de temperaturas extremas, vibraciones y cambios en la aceleración del vehículo; ruido, confinamiento y hacinamiento. El segundo se presenta como producto de la restricción en los movimientos de los animales, olores nocivos o no familiares, novedades en el ambiente, presencia de animales desconocidos, hambre, sed y fatiga (Grandin, 2010). Se ha observado que el manejo y el transporte causan deshidratación (Schaefer *et al.*, 1997; Brown *et al.*, 1999; Tadich *et al.*, 2000). Esto último constituye un resultado lógico de factores como privación del agua, pérdidas de líquido en forma de orina con incremento en la frecuencia respiratoria, etc. Sin embargo, un buen manejo durante estas etapas contribuye considerablemente a disminuir la incidencia de tales problemas (Quiroga y García, 1994; Gallo *et al.*, 2001; Gallo *et al.*, 2003a).

La distancia de traslado puede variar desde pocos a varios cientos de kilómetros. Durante la carga, transporte y descarga de los animales, es común que éstos presenten traumatismos, pérdidas de peso e inclusive la muerte (Mota-Rojas *et al.*, 2005b; González-Lozano *et al.*, 2007). Las nuevas iniciativas en regulaciones del bienestar sugieren que los animales deben descansar después de viajes prolongados mientras permanezcan en el vehículo o luego del proceso de descarga, en los corrales de descanso (Von Borell y Schäffer, 2005).

Desde el punto de vista económico, el bienestar de los animales durante el transporte cobra cierta importancia. El manejo cuidadoso y tranquilo de los animales por personas entrenadas, haciendo uso de instalaciones adecuadas, reduce los golpes y ayuda a mantener la calidad de la carne (Grandin, 2004). Esto es importante no solo desde el enfoque del bienestar animal, sino desde el económico. La industria de cerdos en Estados Unidos de América pierde 0.34 dólares por cerdo debido a la carne tipo pálida, suave y exudativa (PSE), y 0.08 dólares por cerdo, como consecuencia de los golpes (Grandin, 1996); por ejemplo en el caso de los bovinos, se ha llegado a pérdidas por decomiso de animales traumatizados hasta de 12.50 dólares (Morgan y Smith, 1995). Asimismo, se ha señalado que la muerte en tránsito, para el caso del Reino Unido, representa 10,500 cerdos al año (Warriss, 1994). Es importante que se tome en cuenta mejorar las condiciones de los animales durante el transporte, para optimizar el bienestar

animal y la seguridad de los empleados, debido a que el ganado que es tranquilo, es menos probable que lesione a los operarios (Grandin, 1996).

Las mediciones utilizadas para valorar el bienestar animal son generalmente de tipo fisiológico o conductual (Broom, 2004). Así, por ejemplo, el análisis de los niveles de glucocorticoides (cortisol) en plasma resulta un indicador útil del bienestar animal de individuos sometidos a procedimientos estresantes de corto plazo, como el manejo y transporte (Fraser y Broom, 1990). La evaluación del estrés durante el transporte requiere de métodos poco o no invasivos; éstos, contrario a los análisis tradicionales, se basan en la colecta de la muestra con baja interferencia humana (por ejemplo, colecta de la sangre y vigilancia del ritmo cardiaco); sin embargo, estos métodos pueden alterar indirectamente la respuesta al estrés. Los dispositivos telemétricos para medir frecuencia respiratoria y cardiaca, temperatura corporal y presión arterial, son herramientas útiles para obtener respuestas imperturbadas. Recientemente se han desarrollado y validado diversas medidas no invasivas del estrés, a través de los metabolitos en saliva, heces u orina (Von Borell y Schäffer, 2005).

El bienestar animal durante el transporte y sacrificio se evalúa usando una variedad de parámetros que incluye tasa de mortalidad, heridas, cambios en el comportamiento, valores fisiológicos, así como actividad del encéfalo (en caso de aturdimiento), que permite valorar si el animal ha sido insensibilizado correctamente, originando una conmoción cerebral e insensibilidad inmediata y permanente: en donde el corazón seguirá latiendo, hasta que se debilite por la hemorragia producto finalmente del desangrado (Grandin, 1997). Broom (2005), considera que la salud es un componente importante del bienestar, sin embargo, las emociones como el dolor, el miedo y varias formas de placer evaluadas mediante el comportamiento de los animales son componentes de los mecanismos para intentar competir, por ello deben considerarse cuando sea posible, en una evaluación del bienestar.

Tanto las leyes como los códigos de buenas prácticas pueden tener un gran impacto en la forma en que la gente maneja a los animales y, por ende, sobre su bienestar durante el transporte. Para generar guías que puedan usarse para prevenir o minimizar el bienestar deficiente en animales durante el transporte, es necesario conocer el funcionamiento fisiológico y conductual de los animales, así como las actitudes o acciones de las personas involucradas en el proceso; en este contexto, Broom (2005) ha creado una guía completa para las personas involucradas y los pasos a seguir para el bienestar de los animales durante el transporte.

La vigilancia del bienestar animal durante el transporte evita el sufrimiento innecesario durante el mismo, incluyendo la carga y descarga (Gallo *et al.*, 2000). Al respecto, en el marco de la globalización actual, el interés en el bienestar animal ha aumentado en años recientes, debido a que los consumidores, principalmente del hemisferio norte, demandan que los animales de abasto sean criados, transportados y sacrificados humanitariamente. Más aún, se señala que el bienestar animal podría ser utilizado como una barrera comercial no arancelaria para la importación de productos pecuarios o de animales que no fueron criados, manejados o sacrificados de acuerdo con estándares apropiados de bienestar (Vanda, 2007). Para lograr avances en esta área, el bienestar animal deberá ser definido y medido objetivamente (Grandin, 1997). Asimismo, es necesario un concepto de bienestar claramente definido para que pueda aplicarse en mediciones científicas y usarse en documentos legales y en discusiones públicas (Broom, 2005).

Importancia de la duración del transporte

La duración del transporte también afecta el bienestar de los cerdos (Hambrecht *et al.*, 2005). Animales transportados a menos de 100 km de distancia, exhibieron más contusiones en comparación con los transportados más de 100 km; a pesar de esta observación, la anomalía se puede atribuir a las diferencias en el manejo de los cerdos en las diversas granjas (Kusina *et al.*, 2003).

Abraham *et al.*, (2005), analizaron los niveles de cortisol plasmático de cerdos libres del gen halotano (menor susceptibilidad al síndrome de estrés porcino) y hallaron que aumentó significativamente ($P < 0.001$) como un efecto del transporte. También se incrementaron los valores de ácidos grasos no esterificados (glicerolípidos y esteroides) ($P < 0.001$), glucosa ($P < 0.001$) y ácido láctico ($P < 0.01$).

Hambrecht *et al.*, (2005), indicaron que transportes cortos aproximadamente de 50 min incrementan el cortisol en cerdos libres del gen halotano, cuando va seguido de un periodo de reposo (< 45 min) en los corrales de espera al rastro (transporte x corrales de espera, $P < 0.01$). El estrés agudo del transporte corto disminuyó ($P < 0.001$) el potencial glicolítico del músculo y aumentó ($P < 0.001$) el lactato en plasma, el cortisol y la temperatura del músculo, en tanto que hubo disminución de los niveles de pH de la carne. Por otro lado, el color de la carne no se vio afectado ($P > 0.40$) por el estrés agudo.

Bradshaw *et al.*, (1999) transportaron 50 cerdos con un peso promedio de 80 kg en un camión de chasis rígido por un periodo de 4 h 30 min, con un espacio de 0.49 m² por cada 100 kg y observaron que 26 % de los cerdos vomitaron, 52 % presentaron espuma en la boca y en el 64 % de los cerdos se observó una combinación de ambos signos clínicos. Por otra parte, 13 animales se clasificaron como pertenecientes a cada uno de los grupos de niveles bajos o altos de hormonas (cortisol, beta-endorfina y lisina vasopresina). No hubo relación significativa entre la incidencia del estrés causado por el transporte y las concentraciones altas o bajas de hormonas. En este contexto, 34 % de los cerdos mostraron carne PSE en el músculo *Longissimus dorsi*, 24 % con DFD en uno o más músculos (*Longissimus dorsi* y *Semimembranosus*), y cuatro de ellos presentaron DFD en más de un músculo. No hubo correlación significativa entre la calidad y la concentración de cortisol en plasma.

De acuerdo con Hambrecht *et al.*, (2005), los transportes prolongados (mayores a 3 h) incrementan el potencial glicolítico del músculo y la conductividad eléctrica. Aunado a ello, las concentraciones de **creatinfosfoquinasa (CPK)** y lactato deshidrogenasa (LDH) son significativamente ($p < 0.05$) mayores en animales transportados durante 3 h que en los transportados 1 h (Lee *et al.*, 2004). Adicional a ello, Leheska *et al.*, (2003) atribuyen que los tiempos de transporte prolongado reducen la presencia de PSE y mejoran la calidad de la carne, al ser comparados con viajes cortos de 30 minutos.

Bradshaw *et al.*, (1996a) evaluaron cerdos de 80 kg que fueron transportados en un tráiler para equinos, por un periodo de 960 min (8 h por camino áspero y 8 h por camino suave), y una distancia de 761 km durante el viaje. Y observaron que los niveles de cortisol al principio y al final de cada viaje: para los cerdos que viajaron por el camino áspero fue significativamente menor (14.60 mmol/L) en comparación con los cerdos que viajaron por el camino suave (8.50 mmol/L). En cuanto al comportamiento apreciaron que durante el periodo de viaje sinuoso, 67.8% de los animales permanecieron echados, 26% parados y 6% caminando. Durante el periodo de viaje suave hubo más cerdos que permanecieron echados (79.6%), le siguieron los parados (15.2%) y 4.4% caminaron, y cuando transportados por el camino sinuoso todos los animales vomitaron.

Regulaciones mexicanas para el transporte del cerdo

Las leyes y los estatutos pueden tener gran impacto en el bienestar durante el transporte de los animales. Sin embargo, para publicar las pautas que mejoren el bienestar animal durante esta etapa, es necesario entender las funciones biológicas de la especie, así como las actitudes y los hábitos de la gente implicada en el proceso del manejo y del transporte (Von Borell y Schäffer, 2005). En relación a este tema, la legislación actual de la Unión Europea puso al ganado porcino, entre otros, en las reglas generales de las guías de buenas prácticas para el transporte internacional de los animales domésticos. Hoy en día es necesario que se publiquen leyes de aplicaciones en materia del transporte animal. En México, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, a través de la Dirección General Jurídica, ha establecido nuevas regulaciones sobre el transporte animal en la Norma Oficial Mexicana NOM-024-ZOO-1995: "Especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos". El incumplimiento a las disposiciones contenidas en tal Norma, será sancionado conforme a lo establecido en la Ley Federal de Sanidad Animal y la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Aunado a ello, existen también esfuerzos realizados por investigadores mexicanos e instituciones educativas, como la Universidad Autónoma de Sinaloa, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad del Estado de Morelos, Universidad de Yucatán, el Instituto Tecnológico de Sonora, clínicas de salud y otros centros e instituciones, en desarrollar y crear acceso a la información que asista en la creación de los procedimientos y las condiciones apropiadas para el transporte animal, considerando la capacitación y la sensibilización al personal que está directamente vinculado con el trato de animales.

Las especificaciones correctas sobre el cuidado y el manejo adecuado de los animales, que asegure su bienestar, basándose en hechos científicos deben ser considerados en los reglamentos mexicanos. Así, las autoridades que publican la ley deben entender que los transportes del ganado y de las aves de corral por periodos prolongados, implican malestar para el animal y detrimento de la calidad y de la cantidad de la carne obtenida de los mismos. Otro aspecto fundamental es el "sacrificio de emergencia" para animales en agonía, politraumatizados o fracturados al término del traslado (Mota-Rojas *et al.*, 2006).

Por otro lado, los cambios en los sistemas de producción animal intensivos deben también ser abordados. Las iniciativas en el bienestar animal sólo están en camino con una Ley General

de Bienestar Animal. Esta ley pretende lograr el bienestar óptimo de los animales, la cual se diseñó para regular el alojamiento, mantenimiento, manejo, uso, explotación, comercialización, transporte, matanza y eutanasia, de los animales vertebrados domésticos y silvestres, independientemente de su especie o función (Vanda, 2007). De ser aprobada esta ley, se espera que ayude a sensibilizar y concientizar al público, a los productores y a las autoridades acerca del bienestar animal en México (Mota-Rojas *et al.*, 2006, 2010a).

¿Cómo medir el bienestar animal durante el manejo previo al rastro?

Grandin (1996), plantea el uso de algunos indicadores de comportamiento y recomienda cuantificarlos, determinando el porcentaje de animales en que se usa bastón eléctrico (máximo aceptable, 25 %); el porcentaje de animales que resbala durante estos manejos (máximo aceptable, 3 %), el porcentaje de animales que cae durante el arreo (máximo aceptable, 1 %) y el porcentaje de animales que vocaliza durante su traslado (máximo aceptable, 3 %). Estos indicadores reflejan dificultades durante el avance y/o dolor en los animales; se usan para verificar el manejo y bienestar animal en las plantas faenadoras y también fueron adoptados en las directrices de bienestar animal elaboradas por la OIE (2005). Es posible aplicar estos indicadores para evaluar el manejo durante la conducción, carga y descarga en las granjas, en las ferias ganaderas y otros lugares en que se conducen animales de un punto a otro.

En un estudio realizado en Chile (Gallo *et al.*, 2003a), se usó la metodología de Grandin (1997) para determinar en una planta faenadora, cómo se realiza el manejo de los bovinos durante el arreo, desde los corrales hasta el cajón de insensibilización. Se registró el porcentaje de animales en que se usó bastón eléctrico, el porcentaje de animales que resbaló, cayó o vocalizó durante estos manejos en un total de 500 bovinos, en forma diagnóstica. Posteriormente, se capacitó al personal y se volvieron a registrar los mismos indicadores en otros 500 animales de la faena habitual. Los porcentajes de todos los indicadores disminuyeron significativamente luego de la capacitación del personal, demostrándose que es un buen instrumento para mejorar el bienestar animal. Sin embargo, solamente con capacitación del personal los resultados no alcanzaron los porcentajes considerados aceptables, por lo que se recurrió a una segunda intervención, realizando cambios menores de infraestructura: se eliminaron algunos distractores que impedían el avance de los animales (irregularidades en el piso, falta de luz al ingreso del cajón de noqueo). Tras la intervención en infraestructura, se logró un cambio significativo adicional con respecto al porcentaje de bovinos “acarreados eléctricamente”, pero no en los demás indicadores, concluyéndose que para disminuir

resbalones, caídas y mugidos se requerían en la planta en estudio, algunos cambios mayores en el diseño de las estructuras que consistieran básicamente en mejorar el tipo y pendiente del piso, así como iluminación en el cajón de noqueo. Actualmente en Chile hay un proyecto de investigación vigente en asociación con las plantas faenadoras y la Fundación para la Innovación Agraria (FIA-Chile) cuyo objetivo es hacer un diagnóstico del bienestar animal en las plantas (manejo, transporte, insensibilización) y capacitar al personal en el manejo del ganado para lograr mejoras en términos de bienestar animal y calidad de carne.

La presencia de hematomas y otras lesiones en las canales de los bovinos, tales como marcas de elementos de arreo inapropiados o elementos apropiados pero usados en forma incorrecta, son el reflejo de un mal manejo (Gallo, 2005). Por lo anterior, cuando se determina la prevalencia de estas lesiones en una planta faenadora, no sólo se está evaluando la calidad del producto final, sino también todo el proceso de manejo antes de la muerte. Según Grandin (2010), mediante la observación cuidadosa del tipo de lesión en la canal (forma, color, profundidad) es posible determinar en cierta medida las causas. Por otra parte, la relativamente alta frecuencia de problemas de pH y color (carnes DFD o corte oscuro) encontrada en algunas plantas faenadoras en Chile, también refleja problemas de estrés, de manejos inadecuados y de tiempos de transporte y ayuno prolongados (Gallo *et al.*, 2003a).

Los avances en términos de tecnologías aplicadas en la industria de la carne (por ejemplo envasado al vacío y en atmósfera modificada) han ido requiriendo de más mediciones relativas a calidad de la materia prima y con ello se han ido encontrando más problemas (pH, color, retención de agua). Si bien el manejo ante-mortem de las reses de abasto es inevitablemente estresante, lo aconsejable es buscar formas de mantener el estrés al mínimo. El inadecuado diseño o mal mantenimiento de las instalaciones, así como la existencia de diversos distractores y la falta de capacitación del personal que maneja a los animales son problemas comunes en muchos países sudamericanos (Gallo y Tadich, 2008).

Repercusiones del tiempo de reposo en el bienestar y calidad de la carne

El reposo de los animales antes de ser sacrificados es determinante sobre la calidad de la carne. La falta de este periodo de reposo, aumenta la incidencia de carne PSE (pálida, suave y exudativa) (Fischer, 1996); así mismo periodos más largos de reposo se asocian a una carne más oscura, firme y seca (DFD) y sus efecto en los porcinos resulta tan o más importante que la

predisposición genética (Brown *et al.* 2004). El reposo permite la recuperación de las condiciones fisiológicas perdidas durante los procesos de carga, transporte y descarga de los animales, normalizando las condiciones metabólicas, tales como la renovación de los niveles de glucógeno muscular y el tono muscular, favoreciendo la relajación de aquellos animales más afectados por las condiciones de manejo previas (Costa *et al.*, 2002). Además, la fase de reposo previo al sacrificio permite recobrar las condiciones estables del sacrificio y de este modo, contrarrestar las deficiencias de calidad en la carne (Fischer, 1996).

Existen dos razones principales por las que los cerdos deben tener un reposo antes del sacrificio: primero, proporciona un depósito de los animales para que la línea de sacrificio adecue variaciones en el horario de entrega a la planta; en segundo lugar, permite que los cerdos descansen y se recuperen del estrés sufrido durante el transporte (Warriss, 2003). Aunque la respuesta al estrés es muy variable y dependiente de la capacidad de cada animal para responder, resulta evidente que si el agente estresante actúa por largo tiempo (transporte y ayuno prolongados) el efecto encontrado será mayor, independientemente de la alta o baja capacidad individual de respuesta de cada animal. Por ello, mientras más largos son los tiempos de transporte y ayuno, mayores probabilidades existen de presentar estrés, afectar negativamente el bienestar de los animales, que ocurran pérdidas de peso de la canal, contusiones y efectos negativos en la calidad de la carne (Gallo *et al.*, 2003a; Tadich *et al.*, 2005), debido a que los cerdos se encuentran en un estado de balance energético negativo (Warris, 2003).

Se han realizado numerosos estudios para determinar el periodo de descanso idóneo para la recuperación del cerdo. Algunos autores mencionan que el tiempo de descanso ideal es de 2 a 4 h, ya que los cerdos sacrificados durante las 2 h iniciales de reposo presentan conducta agresiva, agotamiento físico y tensión fisiológica que producen un aumento en la actividad metabólica y reducen el pH intramuscular, elevando la temperatura del cuerpo. En relación a esto, un tiempo de reposo largo reduce la incidencia de PSE pero aumenta la predisposición a carne DFD.

Los efectos que ocasionen los factores estresantes *ante-mortem* y por consiguiente la pérdida del bienestar animal, tendrán consecuencias directas sobre las reacciones enzimáticas *post-mortem* y la inocuidad del producto. Otro elemento importante es la disminución de bienestar animal en el sistema inmunológico, ya que periodos de estrés prolongados afectan la

respuesta inmune. Este tipo de efectos tienen lugar en todas las etapas vitales de los animales de producción y han sido más estudiados durante las fases de cría y producción (Marrón, 2007).

Para reducir las peleas en los corrales de espera en el rastro, es necesario que los animales dispongan de espacio y se respete 1m² de superficie/cerdo, puesto que la sumisión en los cerdos no se expresa mediante una postura, sino con un comportamiento de huida. Sin embargo, hay contraposiciones a esta premisa, hay autores que señalan que el espacio vital en la espera debe de reducirse al máximo para evitar peleas.

La mezcla de animales durante el reposo

Cuando se realizan mezclas de cerdos, éstos luchan con frecuencia para establecer nuevas jerarquías de dominancia, lo cual origina laceraciones de la piel, dejando lesiones severas, particularmente en la región del hombro (Warriss, 1990). El problema, en términos económicos y de bienestar, es algunas veces muy severo, pero se resuelve al mantener a los animales en grupos con individuos familiares, en vez de mezclarlos con extraños (Broom, 2005). La mezcla de animales, definida así como una forma de estrés social, se va a traducir en un descenso significativo de la capacidad de respuesta inmunológica, que resulta especialmente frecuente en los animales que ocupan los puestos más bajos de la jerarquía pero también en los más dominantes (Morrow-Tesch *et al.*, 1994; Groot *et al.*, 2001).

Los animales lesionados que arriben al rastro y que no puedan pararse, deberán sacrificarse inmediatamente y evitar el prolongar su sufrimiento, como lo marca la Normatividad Mexicana en el sacrificio de emergencia NOM-033-ZOO-1995.

El mantenimiento de esta jerarquía precisa que estos grupos no superen los 20-30 animales, ya que con grupos más amplios el reconocimiento de los individuos se dificulta y aumenta el comportamiento agonístico. Referido a ello (Warriss *et al.*, 1994) atribuye que es mejor mezclar cerdos en un espacio más pequeño, para restringir la lucha.

Los machos enteros tienden a ser más agresivos que las hembras o machos castrados y en promedio sus canales tienen más lesiones de la piel (Warriss 2003). Hay evidencia de que los genotipos influyen en la agresividad (Geversink *et al.*, 1998).

Finalmente, la densidad en los corrales de espera debe ser adecuada, dado que con densidades excesivas resulta imposible para los animales no invadir el “espacio vital” de sus compañeros, lo que fomenta la aparición de más encuentros agonísticos (Broom y Kirkden, 2004). Así pues, varios estudios han señalado que la suplementación con triptófano es efectiva para disminuir el estrés pre-sacrificio (Warner *et al.*, 1990). Por ejemplo, la administración de triptófano (5 g/kg de dieta) durante los 5 días previos al sacrificio aumentó la serotonina en el hipotálamo y disminuyó la incidencia de comportamiento agresivo durante la espera presacrificio resultando en una menor incidencia de hematomas y carnes PSE.

El método de aturdimiento y el estrés del cerdo

El aturdimiento se basa en una perturbación de los sentidos ocasionado por un golpe u otra causa física. El sacrificio del porcino se realiza por desangrado originado por la sección de las arterias y venas del tronco braquiocefálico al interrumpir el aporte de nutrientes y oxígeno al cerebro, provocando la muerte del animal. Por lo tanto, un correcto sistema de aturdimiento debe garantizar una inducción rápida de la inconsciencia que debe prolongarse hasta la muerte del animal (Quiroga y García, 1994).

Con relación a los métodos de aturdimiento, el objetivo de éstos es provocar la insensibilidad al dolor hasta la muerte, la cual debe ocurrir por desangrado y antes de que el animal recupere la sensibilidad (McKinstry y Anil, 2004).

Un sistema de aturdimiento puede ser reversible o irreversible. En el primer caso, los animales pueden recuperar la sensibilidad antes de que ocurra la muerte. Por tanto, el tiempo transcurrido entre el aturdimiento y el desangrado es un factor determinante de la eficacia del aturdimiento. En los sistemas irreversibles, por el contrario, es el propio aturdimiento el que causa, además de la inconsciencia, la muerte del animal. En este último caso, el sacrificio tiene tan sólo la finalidad de evacuar la sangre de la canal, pero será crítico si se hace lento y el animal recupera la sensibilidad y se le ocasiona dolor (Quiroga y García, 1994, Velarde *et al.*, 2000a).

Actualmente existe aún polémica sobre cuál método de aturdimiento es más eficaz y con el presente apartado pretendemos darle más elementos al lector para que conozca la relevancia de utilizar electronarcosis o aturdimiento por CO₂.

Mantener un alto estándar de bienestar de los animales durante el transporte y faena de los cerdos requiere tanto de equipo apropiado como de la supervisión y capacitación de los empleados. Se recomienda dejar inconsciente al animal antes de su sacrificio con el fin de evitar el dolor, el estrés y la incomodidad del procedimiento (Grandin 2003b) y que adicionalmente no haya repercusiones que alteren la velocidad de las transformaciones enzimáticas *post-mortem* que modifiquen las propiedades organolépticas de la carne. En la mayoría de los países desarrollados y muchos en vías de desarrollo, se cuenta con leyes que exigen el aturdimiento anterior al sacrificio (FAO, 2001).

4.1 aturdimiento con CO₂

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas que al ser inhalado produce insensibilidad sin dejar residuos químicos inaceptables en la canal. Los cerdos son introducidos a un pozo con una concentración atmosférica entre 80% y 90% de CO₂, durante un tiempo suficiente para mantenerlos inconscientes hasta la posterior muerte del animal por desangrado. El sistema de aturdimiento con CO₂, no requiere la sujeción de los animales y permite el aturdimiento en grupo, reduciendo así el nivel de estrés. El aturdimiento se produce por una depresión de la función neuronal a consecuencia de una hipoxia hipercápnia del sistema nervioso central y una disminución del pH sanguíneo. La inducción de la anestesia en una atmósfera del 80% de CO₂ incluye tres fases. La primera etapa tiene una duración aproximada de 20 seg y se denomina etapa de analgesia. Durante este periodo la respuesta del animal al dolor y al estrés se reduce gradualmente. En el aparato respiratorio, la inhalación de CO₂ provoca hiperventilación, que se manifiesta con inspiraciones cortas y profundas asociadas a jadeos o chillidos. Inmediatamente después de la pérdida de conciencia viene la etapa de excitación, y posteriormente, entre los 26 y 35 s de exposición al CO₂, el animal entra en la fase de anestesia. Durante esta fase, el animal pierde la postura normal y desaparecen el reflejo corneal, la sensibilidad al dolor y la ritmicidad respiratoria. Si el animal continúa inhalando CO₂ se produce la muerte. Concentraciones del 95 % inducen anestesia entre los 10 y 15 s (Velarde *et al.*, 2000a).

Existe controversia acerca de la calidad humanitaria del aturdimiento mediante CO₂, debido a que la insensibilidad no es instantánea. Con este método le toma aproximadamente 21 s a un cerdo para que pierda su potencial de sensibilidad somática (Raj *et al.*, 1997). Este es el punto en el cual el cerebro de un cerdo no responde a una descarga en la pata. Gregory *et al.*, (2008) encontraron que la narcosis comienza 30 a 39 segundos después de comenzar la inmersión en la atmosfera de CO₂. La exposición al CO₂ estimula la frecuencia de la respiración

y puede conducir a angustia respiratoria (Raj y Gregory, 1995). Raj *et al.*, (1997) afirman que el aturdimiento de cerdos con argón resulta en una pérdida de conciencia más rápida que con CO₂.

Investigaciones en Holanda indican que la fase de excitación ocurre en el aturdimiento con CO₂ antes del comienzo de la inconsciencia (Fabrega *et al.*, 2007). Estos estudios dieron lugar a las primeras preguntas sobre un potencial de angustia en los cerdos durante la inducción de la anestesia con CO₂. Sin embargo, investigaciones realizadas por Sevenije *et al.*, (2002) indicaron que la inconsciencia ocurre antes del comienzo de la fase de excitación y que el aturdimiento con CO₂ no era estresante para el animal. En cerdos híbridos Yorkshire x Landrace, la exposición al CO₂ fue menos adversa que los choques eléctricos aplicados con una picana. La forma en que los cerdos reaccionan al CO₂ varía; así por ejemplo, Grandin (2003) observó en una planta comercial de faenado en los EEUU, que los cerdos blancos híbridos (con características del tipo de raza Yorkshire) tenían una reacción más suave al CO₂ que los cerdos híbridos negros con franjas blancas, coloración típica de la raza Hampshire. Igualmente, Grandin (1994) observó que cerdos daneses (que tienen una muy baja incidencia del gen halotano) permanecieron tranquilos cuando respiraron CO₂, pero los cerdos irlandeses (los cuales tienen una alta incidencia del gen halotano) se agitaron violentamente a los pocos segundos de haber inhalado el gas. Experimentos con cerdos pietrain x landrace alemán, indican que los cerdos halotano-positivos tienen una reacción más fuerte al CO₂ que los cerdos halotano-negativos (Troeger y Woltersdorf, 1991). Setenta por ciento de los cerdos halotano-positivos tuvieron reacciones motoras, mientras que sólo el 29% de los cerdos halotano-negativos reaccionaban de esta manera. Concluyeron que el uso de altas concentraciones de CO₂ (80% o más), redujo la incidencia de reacciones vigorosas en cerdos halotano-positivos.

Por otro lado, Raj y Gregory (1995) descubrieron que los cerdos expuestos a CO₂ eran más reacios al volver a entrar a un cubículo a comer manzanas, que los cerdos expuestos al argón. Hartung *et al.*, (2002) señalaron que en cerdos el 80% de CO₂ no es suficiente para eliminar todos los reflejos después de 70 seg de exposición. En tanto que Raj y Gregory (1995) informaron que no ocurrieron intentos de fuga con 80% a 90% de CO₂, pero uno de cada seis lechones intentaron escapar con mezclas de aire y 40% a 50% de CO₂. De ahí que el uso de una mezcla de CO₂ y gas argón puede crear un mejor sistema de aturdimiento de los cerdos con gas (Raj *et al.*, 1997; Raj, 1999). Es posible que una combinación de CO₂ y argón, contribuya a que el aturdimiento con CO₂ sea menos estresante para los cerdos de tipos genéticos que reaccionan mal al CO₂.

Velarde *et al.*, (2000ab), demostraron la presencia de hemorragias (petequias y hematomas) en hombros, lomo y jamones de cerdos expuestos al gas CO₂. El primer grupo se sometía a 92 s de exposición de CO₂ y el grupo 2 a un tiempo de 103 s. Las canales de estos cerdos, presentaron más petequias cuando el periodo de exposición se incrementó. La incidencia por región es la que sigue: hombros (15.3% vs 7.2%), lomo (18.6% vs 15.5%) y jamón (11.2% vs 10%). Por otra parte, el porcentaje de hematomas se invirtió e incrementó en aquellos cerdos con menor exposición al gas: hombros (5.8% vs 3.1%), lomo (4.8% vs 1.8%) y jamón (7.9% vs 1%), en todos los casos se muestran diferencias significativas (P<0.05). Por lo tanto, a mayor tiempo de exposición al CO₂ se incrementan el número de petequias, y a menor tiempo de exposición al gas se incrementa el número de hematomas.

Actualmente, se han incrementado los reportes científicos que enfatizan la existencia de aversión y estrés de los cerdos cuando han sido expuestos al CO₂ durante el aturdimiento. El aturdimiento con CO₂ compromete el bienestar de los animales durante su aplicación, a lo largo de este apartado se muestra que este método acelera los cambios post mortem de la carne a partir de condiciones anaerobias, mediante la reducción de oxígeno atmosférico y obteniendo una menor cantidad de ATP's disponibles, dichas características incrementa la concentración sanguínea de lactato, incremento de temperatura y reducción del pH en la canal, mayor incremento en la actividad glicolítica, mayor pérdida de agua por goteo y cambios en la coloración; tales condiciones no son suficientes para convertir el músculo de cerdo en una carne tipo PSE. De esta manera el aturdimiento con CO₂ se ha convertido en un método que no repercute en gran medida en la calidad de la carne de cerdo cuando han sido expuestos a concentraciones mayores al 80% de CO₂ durante tiempos que no superen los 108 s de exposición.

Se ha determinado que a menores concentraciones de exposiciones del gas (<75%) existe mayor aversión y sufrimiento animal que repercute en la calidad final de la carne. Aún faltan más estudios que determinen la concentración más adecuada del CO₂ evitando dolor y agonía en los animales y al mismo tiempo buscar buena calidad de carne (Nowak *et al.*, 2007; Álvarez-Álvarez *et al.*, 2010). Para contrarrestar este fenómeno estresante en el aturdimiento de los cerdos previo a su muerte, se ha sugerido que el método de insensibilización con CO₂ en rastros sea evaluado y replanteado, manteniendo el bienestar de los cerdos, dichos planteamientos se inclinan a la combinación y reducción en las concentraciones de CO₂ con otros gases más

nobles y menos agresivos (Álvarez-Álvarez *et al.*, 2010), ante esta problemática, en un estudio reciente, Dalmau *et al.*, (2010) promueve el uso de otros gases como el argón.

4.2 Aturdimiento por electronarcosis

Este método consiste en el paso a través del cerebro, de una corriente eléctrica con una intensidad lo suficientemente alta como para provocar una despolarización del sistema nervioso central y una desorganización de la actividad eléctrica normal (Velarde *et al.*, 2000b).

El aturdimiento eléctrico debe inducir un estado epiléptico (Lambooj *et al.*, 1996; Gregory, 1998). Hay dos formas básicas de aturdimiento eléctrico: “sólo en la cabeza”, en donde las pinzas se colocan, y el “ataque cardíaco”; en el que se pasa una corriente a través de ambos, la cabeza y el corazón. El aturdimiento sólo en la cabeza es reversible y el cerdo puede retornar a la sensibilidad a menos que se le desangre rápidamente. El aturdimiento por ataque cardíaco matará a la mayoría de los cerdos deteniendo su corazón.

Para colocar al cerebro en el camino de la corriente, los electrodos se deben ubicar en la posición correcta (Anil y McKinstry, 1998). Si los electrodos se colocan muy atrás en el cuello, habrá un período de insensibilidad más corto (Velarde *et al.*, 2000a). Grandin (2001) ha observado que colocando el electrodo a través de la cabeza en una ubicación anterior al cuello, trae como resultado el parpadeo de los cerdos. Sin embargo, si se coloca el electrodo en la depresión detrás de la oreja se eliminan los reflejos de los ojos.

Para reducir los derrames de sangre en la piel y en la carne algunos centros de sacrificio emplean aturdidores de alta frecuencia. Sin embargo, frecuencias tan altas como 2000 a 3000 Hz han fallado en inducir la insensibilidad instantánea (Sevenije *et al.*, 2002). Anil y McKinstry (1998) encontraron que la onda sinusoidal de 1592 Hz o la onda cuadrada de 1642 Hz de los aturdidores de “sólo cabeza” a 800 metros, inducen ataques en cerdos pequeños. La principal desventaja es que con frecuencias sobre 50 Hz, el retorno a la sensibilidad ocurrirá más rápidamente. Debido al pateo, el aturdimiento de sólo cabeza con altas frecuencias no es práctico, a menos que se combine con una corriente adicional para detener el corazón. En cambio, el aturdimiento sólo cabeza con 800 Hz en conjunción con una frecuencia de 50 Hz aplicada al cuerpo, resulta efectivo (Lambooj *et al.*, 1996).

La mayoría de las plantas aplican una sola corriente que se transmite desde la cabeza al cuerpo. Es importante que se aplique la suficiente corriente para inducir tanto el paro cardíaco como el ataque epiléptico. En animales de desecho se ha observado la aplicación de suficiente corriente para inducir el paro cardíaco, pero sin lograr la insensibilidad. En esta situación, las cerdas han parpadeado después del aturdimiento por 5 segundos, de manera natural y espontánea; el parpadeo desapareció luego debido al paro cardíaco (Grandin, 2001). Elevar el amperaje sobre los 1.25 Amp eliminó el parpadeo en las cerdas; el tipo de parpadeo era como el de un cerdo no aturcido y no un movimiento involuntario o parpadeo de ojos desviados (nistagmo).

Anil y McKinstry (1998), demostraron que el uso de una repetición en el aturdimiento es aceptable como procedimiento de emergencia en circunstancias inevitables para que el animal no recupere la sensibilidad; sin embargo, se debe manejar un intervalo de tiempo menor a 15 s para evitar que el animal tenga una recuperación después del primer aturdimiento.

Actualmente se dispone de sistemas electrónicos para controlar los picos de amperaje que causan derrames en la piel y la carne, mientras el operador aplica las pinzas del aturridor. Gregory (2001) controló las trazas eléctricas de descargas para detectar problemas tales como malos contactos iniciales con el animal o descargas interrumpidas y concluyó que ocurrieron problemas en aproximadamente el 9% de las descargas. Ross (2002) ha desarrollado un sistema microprocesador electrónico que controla la forma de la onda, su frecuencia y el tiempo de descarga. Este sistema computarizado también registra los errores del operador que podrían comprometer el bienestar de los cerdos, tales como descargas interrumpidas y dar energía a los electrodos antes de que éstos estén en completo contacto con el cerdo.

Dar energía prematuramente a los electrodos causará quejidos que están correlacionados con indicadores psicológicos de estrés (Warriss *et al.*, 1994). Asimismo, White *et al.*, (1995) señalan que los gritos están asociados con pérdida del bienestar.

Grandin (2001), concluye que los problemas relacionados con el retorno a la sensibilidad después del aturdimiento eléctrico se pueden corregir fácilmente. Las causas más comunes de problemas con el retorno a la sensibilidad responden a la posición incorrecta de las pinzas y técnicas deficientes de desangrado. La autora concluye que al mejorar el diseño ergonómico de las pinzas en el sistema cabeza a espalda de los aturridores cardíacos eléctricos, o la estación de trabajo del empleado, eliminan el problema del retorno a la sensibilidad en los animales.

Conclusiones generales

Si bien son muchos y de diversa índole los factores antes de la muerte que pueden afectar el bienestar animal, el control del estrés a lo largo de todas las etapas previas a la muerte de los cerdos es de gran importancia.

Es indispensable evitar que el animal se estrese y lesione durante las operaciones anteriores a su muerte, para optimizar su bienestar. Asimismo, es necesario la existencia de un periodo de estancia en el rastro lo más corto posible, que le permita una recuperación del transporte y normalización de sus condiciones metabólicas. Se debe tener presente que la exposición de los animales a muchas condiciones adversas, tales como falta de alimento o agua, hambre, ambiente molesto, fatiga, calor, frío, luz, restricciones de espacio antes de la muerte, repercuten y alteran la homeostasis del animal.

Durante el transporte se debe prestar especial atención a las condiciones ambientales tanto de temperatura, como de humedad en los vehículos en donde viajan los animales, particularmente en viajes largos, garantizando de esta manera su regulación mediante la correcta ventilación de los vehículos durante el movimiento.

El arribo y descarga de los animales a la planta de faenado debe hacerse lo antes posible, evitando mayor daño fisiológico en el animal. Con el fin de recuperar las condiciones fisiológicas perdidas y favorecer la relajación de los animales, en los corrales de espera previos a su muerte, los cerdos deben de disponer de espacio suficiente, correcta ventilación y evitar la mezcla de animales de distinto orígenes para reducir las peleas.

El aturdimiento debe ser una premisa obligada que garantice el bienestar del cerdo, produciendo un aturdimiento instantáneo y que éste se prolongue hasta la muerte de los animales por desangrado.

Sin embargo, la respuesta de estrés no solo tiene efectos sobre el bienestar animal, sino también efectos negativos sobre la calidad de la canal y de la carne, de forma que, en general, cuanto más intensa o duradera es dicha respuesta y, por lo tanto, cuanto peor es el bienestar de los animales, mayores son las repercusiones negativas sobre la calidad de la canal y de la

carne. Por lo que, mejorar el bienestar de los animales durante su transporte, reposo y sacrificio permite responder simultáneamente a los requisitos de mercado cada vez más importantes.

Durante los últimos años se ha avanzado vertiginosamente en la obtención de canales de calidad óptima, debido por una parte a las mayores exigencias en los aspectos nutritivos (reducción de la fracción grasa), higiénicos-sanitarios y dietéticos por parte del consumidor y por otra parte a la demanda industrial de materias primas estandarizadas que se adapten a los esquemas y normas de calidad de cada país. Los factores fundamentales que afectan a la calidad de la carne son intrínsecos del animal como la raza, el sexo y la alimentación; condiciones *ante-mortem* como las ambientales y la técnica de sacrificio y condiciones *post-mortem* como la velocidad de descenso del pH, la velocidad de enfriamiento y la higiene durante la manipulación. El control de muchos de estos factores permite un control del estrés en el animal.

La forma en que se ve afectada la calidad de la carne por el estrés del animal previo al sacrificio es variada: sensorialmente se modifica el color y sabor de la carne, debido a la variación del pH. Bioquímicamente, si al momento del sacrificio el animal ha consumido sus reservas de glucógeno, se obtienen carnes oscuras, firmes y secas, con un valor de pH alto y, por tanto, más fácilmente alterables por microorganismos. Al contrario, si las reservas de glucógeno son elevadas, se aceleran las reacciones post-mortem originando un rápido descenso del pH, dando lugar a carnes pálidas, suaves y exudativas.

Para el consumidor, la calidad de la carne depende del aspecto externo en el momento de la venta, refiriéndose principalmente a su textura y sabor una vez cocinada y a aspectos éticos (bienestar animal y calidad de la carne), sin olvidar el precio, ya que para justificar gastos extras de producción, debe existir un mercado dispuesto a pagar cualquier calidad extra exigida. Esto ocurre en el caso de la producción animal ecológica u orgánica, donde se observa que en la mayoría de los países industrializados muchos consumidores están dispuestos a pagar un precio más alto por carne obtenida a partir de prácticas respetuosas con el medio ambiente y con el bienestar animal.

Bibliografía

- Abraham, C., Weber, M., Balogh, K., Mezes, M., Huszenicza, G., Febel, H. 2005. Effect of transport and lairage on some physiological and meat quality parameters in slaughter pigs [A szállítás és a pihentetés korulmenyeinek hatása a hizosertések egyes elektromos és húsmintázási jellemzőire]. Magyar Allatorvosok Lapja. 127(3):139-145.
- Allee, G. L. 1997. Impact of nutrition on meat quality. Pork Academy- NPPC. pp: 25-35. Indianapolis, IN, USA.
- Alarcón, R. A., Duarte, A. J., Alonso, R. F., Janacua, V. H. 2005. Incidencia de carne pálida-suave-exudativa (PSE) y oscura-firme-seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. Técnica Pecuaria en México. 43 (3):335-346.
- Alarcón-Rojo, A. D., Duarte-Atondo, J. O. 2006. Capítulo 9. Músculo PSE y DFD en cerdo. En: Ciencia y Tecnología de Carnes. Hui, Y.H., Guerrero, L.I., Rosmini, R.M. (eds.). México: Limusa. Pp. 253-290.
- Alarcón R.A.D., Janacua V.H. 2010. Alteración de las reacciones enzimáticas *post-mortem* en carnes PSE y DFD. En: Bienestar Animal y Calidad de la Carne. (Eds.) Mota-Rojas, D. y Guerrero-Legarreta, I. Editorial BM Editores. México. pp:287-299.
- Álvarez, C., Torre, A. 1996. La conductividad eléctrica como sistema de detección de carnes de baja calidad en el proceso de elaboración de jamón cocido. Eurocarne no. 50. 23-34.
- Álvarez-Álvarez, D. 2010. CO2 stunning systems in the pig: animal welfare and meat quality. Chapter 15. In: Mota-Rojas D, Guerrero-Legarreta I, Trujillo-Ortega ME (eds) Animal welfare and meat quality. Editorial BM Editores, México. Distrito Federal, pp 235-248.
- Anil, A. M., McKinstry, J. L. 1998. Variations in electrical stunning tong placements and relative consequences in slaughter pigs. Veterinary Journal. 155:85-90.
- Apple, J.K., Kegley, E.B., Maxwell Jr., C.V., Rakes, L.K., Galloway, D. y Wistuba, T.J. 2005. Effect of dietary magnesium and short-duration transportation on stress response, postmortem muscle metabolism, and meat quality of finishing swine. Journal of Animal Science 83: 1633–1645.
- Atkinson, S., Algers, B. 2007. The development of a stun quality audit for cattle and pigs at slaughter. XII International Congress in Animal Hygiene ISAH 2007. June 17-21. Tartu, Estonia. pp 1023-1027.
- Becerril-Herrera, M., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., González-Lozano, M., Sánchez-Aparicio, P., Lemus-Flores, C., Ramírez-Necochea, R., Alonso-Spilsbury, M. 2007. Effects of additional space during transport on pre-slaughter traits of pigs. Journal of Biological Sciences. 7(7):1112-1120.
- Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M., Lemus-Flores, C., Guerrero-Legarreta, I., Olmos-Hernández, A., Ramírez-Necochea, R., Mota-Rojas D. 2009a. CO2 stunning may compromise swine welfare compared with electrical stunning. Meat Science, 81, 233-237.
- Becerril-Herrera, M., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Schunemann A. A., Lemus-Flores, C., González-Lozano, M., Ramírez, NR., Alonso S.M. 2009b. Relevant aspects of swine welfare in transit. Veterinaria Mexico, 40, 315-329.
- Becerril-Herrera, M. (2010a). **Factores *ante-mortem* y *post-mortem* y su efecto en el bienestar animal, metabolismo bioquímico y calidad de la canal de cerdos sacrificados en una planta TIF. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana. Campus Xochimilco. 177 p.**
- Becerril-Herrera, M., Alonso-Spilsbury, M., Trujillo-Ortega, M., Guerrero Legarreta, I., Ramírez-Necochea, R., Roldan-Santiago, P., Mota-Rojas D. 2010b. Changes in blood

- constituents of swine transported for 8 or 16 h to an abattoir. *Meat Science*, 86, 945-948.
- Benjamin, M.E., Gonyou, H. W., Ivers, D. L., Richardson, L. F., Jones, D. J., Wagner, J. R., Seneriz, R., Anderson, D. B. 2001. Effect of handling method on the incidence of stress response in market swine in a model system. *Journal of Animal Science*, 79:279 (Supl. 1) (Abstract).
- Bradshaw, R. H., Parrott, R. F., Goode, J. A., Lloyd, D. M., Rodway, R. G., Broom, D. M. 1996a. Behavioural and hormonal responses of pigs during transport: effect of mixing and duration of journey. *Animal Science*. 62:547-554.
- Bradshaw, R. H., Parrot, R. F., Forsling, M. L., Goode, J. A., Lloyd, D. M., Rodway, R., Broom D. M. 1996b. Stress and travel sickness in pigs: effects of road transport on plasma concentrations of cortisol, beta-endorphin and lysine vasopressin. *Journal Animal Science*. 63:507-516.
- Bradshaw, R. H., Randall, J. M., Forsling, M. L., Rodway, R., Goode, J. A., Brown, S. N. 1999. Travel sickness and meat quality in pigs. *Animal Welfare*. 8:3-14.
- Brown, S. N., Knowles, T. G., Edwards, J. E., Warriss, P. D. 1999. Behavioural and physiological responses of pigs to being transported for up to 24 hours followed by six hours recovery in lairage. *Veterinary Record*. 145(15):421-426.
- Broom DM. Causes of poor welfare in large animal during transport. *Veterinary Research Communications* 2003; 27:515-518.
- Broom, D. M. 2004. Bienestar animal. En: Galindo F, Orihuela A, editores. *Etología Aplicada*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, International Fund for Animal Welfare. 51-87.
- Broom, D. M., Kirkden R. 2004. Welfare, stress, behaviour and pathophysiology. R.H. Dunlop, C.-H. Malbert (eds.) *Veterinary Pathophysiology*. Blackwell, Ames, Iowa. Pp. 337 - 369.
- Broom, D. M. 2005. The effect of land transport on animal welfare. *Rev sci tech Off int Epiz*; 24(2): 683-691.
- Buss, C. S., Shea-Moore, M. M. 1999. Behavioral and physiological responses to transportation stress. *Journal Animal Science*. 77(Suppl. 1):147.
- Carrenger, J. F., Ingram, J. R., Matthews, L. R. 1997. Effects of yarding and handling procedures on stress response of red deer stags. *Applied Animal Behaviour Science*. 51:143-158.
- Castrillón, E. W., Zoot, M. S., Fernández, J. A., Restrepo, L. F., Estada, E. 2007. Variables associated PSE (Pale, Soft, Exudative) to meat in porcine carcasses. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 20:327-338
- Chile, Ministerio de Agricultura. 1993. Reglamento general de transporte de ganado bovino y de carnes. Decreto Supremo N° 240, publicado en el Diario Oficial de la República el 26 de octubre de 1993. Modificado por el Decreto Supremo N° 484, publicado en el Diario Oficial de la República el 5 de abril de 1997. Modificado por el Decreto Supremo N° 5, publicado en el Diario Oficial de la República el 23 de abril de 2005.
- Chevillon, P. 2000. O bem-estar dos suínos durante o pré-abate e no atordoamento. *Anais 1º Conferencia Virtual Internacional sobre Qualidade de Carne Suína*. 16 de Novembro a 16 de Dezembro. Brasil. Concordia, SC. pp. 17-20.
- Christensen, L., Barton-Gade, P., Blaabjerg, L. O. 1994. Investigation of transport conditions in participating countries in the EC Project: PL 920262. Proc. 40th International Cong. Meat Science and Technology, 28 August-2 September, The Hague (Paper W-2.01). ID-DLO Institute for Animal Science and Health: Schoonoord, The Netherlands.
- Codex Alimentarius. 2005. Código de prácticas de higiene para la carne (CAC/RCP 58/2005)
- Costa, N.I., Lo Fiego, D.P., Dall'olio, D. R. 2002. Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. *Meat Sci*. 61, 41-47.

- Dalmau, A., Rodríguez, P., Llonch, P., Velarde, A. 2010: Stunning pigs with different gas mixtures: aversion in pigs. *Animal Welfare*, 19: 325-333.
- Duarte, A. J. 1998. Incidencia de carne PSE y DFD, y efecto del tiempo de reposo antemortem sobre la calidad fisicoquímica y tecnología de la carne de cerdos sacrificados en la Región del Bajío en México. *Disertación Doctoral. Facultad de Zootecnia. Universidad de Chihuahua, México.* Pp. 143.
- Edwards, L. N., Grandin, T., Engle, T. E., Porter, S. P., Sosnicki, A. A., & Anderson, D. B. 2010. Use of exsanguination blood lactate to assess the quality of pre-slaughter pig handling. *Meat Science*, 86, 384-390.
- Eikelenbomm, G., Bolink, A. H., Sybesma, W. 1991. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. *Meat Sci.* 29: 25-30.
- Eikelenboom, G., Bolin, AH. 1991. The effects of feedstuff composition, sex and day of slaughter on pork quality. In *Proc. 37th International Congress. Meat Science and Technology. Kulmbach, Germany: 233-236.*
- Fabrega, E., Manteca, X., Font, J., Gispert, M., Carrion, D., Velarde, A., Ruiz de la Torre, J.L., Diestre, A. 2002. Effects of halothane gene and pre-slaughter treatment on meat quality and welfare from two pig crosses. *Meat Science.* 62:463-472.
- Fabrega, E., Coma, J., Tibau, J., Manteca, X., Velarde, A. 2007. Evaluation of parameters for monitoring welfare during transport and lairage at the abattoir in pigs. *Animal Welfare*; 16(2):201-204.
- FAO. 2001. *Directrices para el Manejo, Transporte y Sacrificio Humanitario del Ganado.* Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. Tailandia.
- Faucitano, L. 2000. Efeitos do manuseio pré-abate sobre o bem-estar e sua influencia sobre a qualidade de carne. 1a Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Concórdia, SC. Disponível em URL: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais00cv_faucitano_pt.pdf.
- Ferguson, D. M., Warner, R. D. 2008. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science.* 80:12-19.
- Fischer, K. 1996. Transport of slaughter animals – Effects, weakness measures. *Fleischwirtschchaft* 76, 521-526.
- Flores, A. P. S., Linares, C. P., Saavedra, F. F., Serrano, A. B., López, E. S. 2008. Evaluation of changes in management practices on frequency of DFD meat in cattle. *Journal of Animal and Veterinary Advances.* 7(3):319-321.
- Franco-Jimenez, DJ., Beck, M.M. 2007. Physiological Changes to Transient Exposure to Heat Stress Observed in Laying Hens. *Poultry Science*; 86:538-544.
- Fraser, A. F., Broom, D. 1990. *Farm Animal Behaviour and Welfare.* New York: CABI International. 437.
- Fraser A.F. 2008. Veterinarians and animal welfare--a comment. *Can Vet J.* 2008 Jan;49(1):8.
- Gade, P. B., Christensen, L. 1998. Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in Danish slaughter pigs. *Meat Science.* 48:237-247.
- Gallo, C., Gatica. 1995. Efectos del tiempo de ayuno sobre el peso vivo, de la canal y de algunos órganos en novillos. *Arch. Med. Vet.* 25: 69-77.
- Gallo, C., Pérez, S., Sanhueza, C., Basic, J. 2000. Efectos del tiempo de transporte de novillos previo al faenamiento sobre el comportamiento, las pérdidas de peso y algunas características de la canal. *Archivos de Medicina Veterinaria.* 32 (2): 157 - 170.
- Gallo, C., Espinoza, M., Basic, J. 2001. Efectos del transporte por camión durante 36 horas, con y sin período de descanso sobre el peso vivo y algunos aspectos de calidad de carne bovina. *Archivos de Medicina Veterinaria.* 33: 43- 53.

- Gallo, C., Altamirano A., Uribe H. 2003 a. Evaluación del bienestar animal durante el manejo de bovinos previo al faenamiento en una planta faenadora de carnes. VI Jornadas Chilenas de Buiatría, Pucón (pp.107-108)
- Gallo, C. G, Lizondo T, Knowles. 2003 b. Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. *Veterinary Record*. 152: 361-364.
- Gallo, C. 2007. Animal Welfare in the Americas. In: 18th Conference of the OIE Regional Commission for the Americas, Florianopolis, Brasil, 28 November - 2 December 2006. Compendium of Technical Items presented to the International Committee or to the Regional Commissions of the OIE. Editado por la OIE. pp: 151-166.
- Gallo, C. 2005. Factores previos al faenamiento que afectan la calidad de las canales y la carne en los bovinos. En: Producción y manejo de carne bovina en Chile, Ed. Adrián Catrileo. Colección Libros INIA N° 16, Capítulo XXIV. pp: 577-599.
- Gallo, C., Tadich, N. A. 2005. Transporte terrestre de bovinos: efectos sobre el bienestar animal y la calidad de la carne. *Agro- Ciencia*. 21(2): 37 - 49.
- Gallo, C. 2008. Using scientific evidence to inform public policy on the long distance transportation of animals in South America. *Veterinaria Italiana*. 44(1), 113-120.
- Gallo, C., Tadich, T. A. 2008. Chapter 10: South America. In: Long distance transport and welfare of farm animals, Eds. M.C. Appleby, V. Cussen, L. Garcés, L. Lambert and J. Turner, 1st Ed. CABI, Wallingford, UK. pp: 261 - 287.
- Geers, R., Bleus, E., Van Schie, T., Ville, H., Gerard, H., Janssens, S., Nackaerts, G., Decuyper, E., Jourquin, J. 1994. Transport of pigs different with respect to halothane gene: stress assessment. *Journal of Animal Science*. 72:2552-2558.
- Geverink, N. A., Bu'hnemann, A. J., Burgwal, A. V., Lambooij, E.H., Blokhuis, H., Wiegant, V.M. 1998. Responses of slaughter pigs to transport and lairage sounds. *Physiol. Behav*. 63: 667-673.
- Gispert, M., Diestre, A. 2000 a En: Jornada técnica: factores que afectan la eficiencia productiva y la calidad en el porcino Ed. IRTA, Vic, Barcelona.
- Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M.A., Guardia, M.D., Coll, C., Siggens, K., Harvey, K., Diestre, A. 2000 b. A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. *Meat Science*. 55:97-106.
- González-Lozano, M., Sánchez-Aparicio, P., Mota-Rojas, D., Alonso-Spilsbury, M.L., Ramírez-Necochea, R., Becerril-Herrera, M., Lemus, F.C. 2007. Efecto del Transporte, Ayuno y Periodo de Reposo Pre-sacrificio en la Calidad de la Canal Porcina. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Comunicaciones Técnicas No. 4.
- González-Lozano, M., Orozco-Gregorio H., Mota-Rojas, D. 2010. Terapéutica en el control del estrés en animales de abasto durante el transporte a la planta de sacrificio. En: Bienestar Animal y Calidad de la Carne. (Eds.) Mota-Rojas, D. y Guerrero-Legarreta, I. Editorial BM Editores. México. pp:171-185.
- Guardia, M. D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M. A., Gispert, M., Diestre, A. 2004. Risk assessment of PSE condition due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Science*. 67:471-478.
- Guardia, M.D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A. 2005. Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. *Meat Science*. 70:709-716.
- Guise, H.J., Riches, H.L., Hunter, B.J., Jones, T.A., Warriss, P.D., Kettlewell, P.J. 1998. The effect of stocking density on transit on carcass quality and welfare of slaughter pigs. *Meat Science*. 50:439-446.
- Grandin, T. 1994. Euthanasia and slaughter of livestock. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 204:1354-1360.

- Grandin, T. 1996. Animal welfare in slaughter plants. 29th Annual Conference of American Association of Bovine Practitioners Proceedings; 1996 sept. 12-15; San Diego, California. Association of Bovine Practitioners. 22-26.
- Grandin, T. 1997. Assesment of stress during handling and transport. *J Anim Sci.* 75:249-257.
- Grandin, T. 2000 a. Beef cattle behavior, handling and facilities design. *Grandin Livestock Systems*, 2ª Ed. 226 p.
- Grandin, T. 2000 b. Introduction: management and economic factors of handling and transport. En: Grandin T. (ed.): *Livestock Handling and Transport*. 2nd ed. UK: CAB International. pp. 1-14.
- Grandin, T. 2001. Solving return to sensibility problems after electrical stunning in commercial pork slaughter plants. *Journal American Veterinary Medical Association.* 219:608-611.
- Grandin, T. 2003 a. El bienestar de los credos durante su transporte y faena. *Pig News and Information.* 24 (3):83-90.
- Grandin, T. 2003 b. Transferring results of behavioral research to industry to improve animal welfare on the farm, ranch and the slaughter plant. *Applied Animal Behaviour Science.* 81:215-228.
- Grandin, T. 2004. Elementos de manejo y transporte. En: Galindo F, Orihuela A, (Eds.). *Etología Aplicada*. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, International Fund for Animal Welfare. 311-331.
- Grandin, T. 2010. Auditing animal welfare at slaughter plants. *Meat Science;* 86(1):56-65.
- Gregory, N. G. 1998. *Animal welfare and meat science*, CABI Pub., Wallingford, Oxon, UK.
- Gregory, N. G. 2001. Profiles of currents during electrical stunning. *Australian Veterinary Journal.* 79:844-845.
- Gregory, NG. 2008. Animal welfare at markets and during transport and slaughter. *Meat Science;* 80(1):2-11.
- Groot, J., Ruis, M. A., Scholten, J. W., Koolhaas, J. M., Boersma, W. J. 2001. Long-term effects of social stress on antiviral immunity in pigs. *Physiol Behav* 73: 145-58.
- Hambrecht, E., Eissen, J. J., Verstegen, M. W. 2003. Effect of processing plant on pork quality. *Meat Science.* 64:125-131.
- Hambrecht, E., Eissen, J. J., Nooijen, R. I. J., Ducro, B. J., Smits, C. H. M., den Hartog, L. A., Verstegen, M. W. A. 2004. Pre-slaughter stress and muscle energy largely determine pork quality at two commercial processing plants. *Journal of Animal Science.* 82:1401-1409.
- Hambrecht, E., Eissen, J. J., Newman, D. J., Smits, C. H. M., den Hartog, L. A., Verstegen, M. W. A. 2005. Negative effects of stress immediately before slaughter on pork quality are aggravated by suboptimal transport and lairage conditions. *Journal Animal Science.* 83(2):440-448.
- Hartung, J., Nowak, B., Waldmann, K.H., Ellerbrock, S. 2002. CO₂ stunning of slaughter pigs: Effects on EEG, catecholamines and clinical reflexes. *Dtsh Tierztl Wochenschr.* 109:135-139.
- Huertas-Canén, SM. 2010. Good handling practices during loading and transport to the slaughter. Chapter 4. In: Mota-Rojas D, Guerrero-Legarreta I, Trujillo-Ortega ME (eds) *Animal welfare and meat quality*. Editorial BM Editores, México. Distrito Federal, pp 69-80.
- Hughes, B. O. 1976. Behaviour as an index of welfare. *Proc Vth Europe Poultry Conf, Malta.* 1005-1018.
- Hurd, H. S., McKean, J. D., Griffith, R. W., Wesley, I. V., Rostagno, M.H. 2002. Salmonella enterica infections in market swine with and without transport and holding. *Applied and Environmental Microbiology.* 68:2376-2381.
- Jain, N. C. 1993. *Essential of Veterinary Hematology*. USA: Lea & Febiger.

- Kaneko, J. J. 1997. Carbohydrate metabolism and its diseases. En: Kaneko JJ, Harvey JW y Bruss ML (Eds.). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals* (pp. 45-81). San Diego: Academic Press Inc.
- Kim, J. Y., Bahnson, P. B., Troutt, H. F., Isaacson, R. E., Weigel, R., Miller, G. Y. 1999. *Salmonella* prevalence in market weight pigs before and after shipment to slaughter. *Proceedings of the 3^o International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*, Washington, D. C., 137-139.
- Kusina, N. T., Sachikonye, S., Kusina, J., Ndiweni, P., Waran, N. 2003. Effect of on-farm treatment, transport and lairage times on bruising in slaughter pigs in Zimbabwe. *Pig Journal*. 52:91-97.
- Laak V, Lane L. 2000. Denaturation of myofibrillar proteins from chicken as affected by pH, temperature, and adenosine triphosphate concentration. *Poultry Science*; 79:105-109.
- Lambooij, B., Gerard, S., Merkus, M., Voorse, N., Pieterse. V. 1996. Effect of low voltage with a high frequency electrical stunning on unconsciousness in slaughter pigs. *Fleischwirtschaft*. 76:1327-1328.
- Lawrie, R. T. 1997. *Ciencia de la carne*. Zaragoza, España: Acribia. Pp. 156 -161.
- Lebret, B., Meunier, M., Foury, A., Mormedes, P., Dransfield, E., Dourmad, Y. (2006). Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. *J. Anim. Sci*. 84:2436-2447.
- Lee, C. Y., Kim, D. H., Woo, J. H. 2004. Effects of stocking density and transportation time of market pigs on their behaviour, plasma concentrations of glucose and stress-associated enzymes and carcass quality. *Asian-Australasian Journal Animal Science*. 17(1):116-121.
- Leheska, J. M., Wulf, D. M., Maddock, R. J. 2003. Effects of fasting and transportation on pork quality development and extent of post-mortem metabolism. *Journal Animal Science*. 80(12):3194-3202.
- Ma, X., Yingcai, L., Jiang, Z., Zheng, C., Zhou, G., Yu, D., Cao, T., Wang, J., Chen, F. 2008. Dietary arginine supplementation enhances antioxidative capacity and improves meat quality of finishing pigs. *Amino Acids*. En línea: DOI 10.1007/s00726-008-0213-8.
- Marrón, G. P. 2007. Effects of preslaughter pig welfare on food safety. *REDVET Rev. electrónica. vet.* <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> Vol. VIII, Nº 12B.
- McGlone, J. J., Salak, J. L., Lumpkin, E. A., Nicholson, R. I., Gibson, M., Norman, R. L. 1993. Shipping stress and social status effects on pig performance, plasma cortisol, natural killer cell activity, and leukocyte numbers. *Journal of Animal Science*. 71:888-896.
- McKinstry, J. L., Anil, M. H. 2004. The effect of repeat application of electrical stunning on the welfare of pigs. *Meat Science*, 67: 121-128
- Milligan, S. D., Ramsey C. B., Miller M. F., Kaster C. S., Thompson L. D. 1998. Resting pigs and hot fat trimming and accelerated chilling of carcasses to improve pork quality. *Journal of Animal Science*, 76:74-86.
- Minka, N.S., Ayo, JO. 2009. Review: Physiological responses of food animals to road transportation stress. *African Journal of Biotechnology*; 8(25):7415-7427.
- Morgan, J. B., Smith, G. C. 1995. Results of the "International Beef Quality Audit." The Final Report of the Second Blueprint for Total Quality Management in the Fed-Beef (Slaughter Steer/Heifer) Industry; 1995; Englewood, Colorado. Cattleman's Beef Association. 35-40.
- Morón-Fuenmayor, O., Zamorano-García, L. 2004. Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. *RC v.14 n.1 Maracaibo feb.*
- Morrow-Tesch, J. L., McGlone, J. J., Salak-Johnson, J. L. 1994. Heat and social stress effects on pig immune measures. *J Anim Sci*; 72: 2599-2609.

- Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Lemus, F.C., Alonso, S. M. L., Ramírez-Necoechea. 2005a. Calidad de la Carne, Salud Pública e Inocuidad Alimentaria. México: Universidad Autónoma Metropolitana. Serie Académicos CBS No. 52. 353 pp.
- Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Lemus-Flores, C., Trujillo-Ortega, M. E., Ramírez-Necoechea, R. y Alonso-Spilsbury, M. 2005b. Efecto del periodo de descanso previo al sacrificio sobre el perfil químico serológico y calidad de la canal en cerdos. Memorias de XL Congreso Nacional AMVEC; julio 13-17; León (Guanajuato) México: Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos, AC. 186.
- Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Lemus-Flores, C., Sanchez-Aparicio, P., González-Lozano, M., Olmos-Hernández, A., Ramírez-Necoechea, R., Alonso-Spilsbury, M. 2006. Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Science*. 73:404-412.
- Mota-Rojas, D., Becerril-Herrera, M., Trujillo-Ortega, M.E., Alonso-Spilsbury, M., Flores-Peinado, S.C., Guerrero-Legarreta, I. 2009. Effects of pre-slaughter transport, lairage and sex on pig chemical serologic profiles. *J Anim Vet Advs* 8:246-250.
- Mota-Rojas, D., González-Lozano, M., Guerrero-Legarret, I. 2010a. Transportation to the slaughterhouse. Chapter 4. *Handbook of Poultry Science and Technology, Volume 1: Primary Processing*, Edited by Isabel Guerrero-Legarreta and Y.H. Hui. Copyright© 2010 John Wiley & Sons, Inc. pp. 55-67.
- Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Trujillo, O.M.E., Roldán-Santiago, P., Martínez-Rodríguez, R., Aguilera, E., Bermudez, C.A. 2010b. Factores predisponentes en la incidencia del músculo PSE en cerdos. En: *Bienestar Animal y Calidad de la Carne*. (Eds.) Mota-Rojas, D. y Guerrero-Legarreta, I. Editorial BM Editores. México. pp: 249-269.
- Mota-Rojas, D., Orozco-Gregorio, H., González-Lozano, M., Roldan-Santiago, P., Martínez-Rodríguez, R., Sánchez-Hernández, M. 2011. Therapeutic approaches in animals to reduce the impact of stress during transport to the slaughterhouse: A review. *Int. J. Pharmacol.*, 7: 568-578.
- Mounier, L., Dubroeuq, H., Andanson, S., Veissier, I. 2006. Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals. *Journal of Animal Science*. 84:1567-1576.
- Murata, H., Shimada, N., Yoshioka, M. 2004. Current research on acute phase proteins in veterinary diagnosis: an overview. *The Veterinary Journal*. 168:28-40.
- Murray, A. C., Johnson, C. P. 1998. Impact of halothane gene on muscle quality and pre-slaughter deaths in Western Canadian pigs. *Canadian Journal of Animal Science*. 78:543-548.
- Newsholme, E.A., Blomstrand, E., Ekblom, B. 1992. Physical and mental fatigue: metabolic mechanisms and importance of plasma amino acids. *British Medical Bulletin*. 48: 477-495.
- NOM-024-ZOO-1995. Norma Oficial Mexicana NOM-024-ZOO-1995, Especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos. *Diario Oficial de la Federación* 10-16-95.
- Novoa, H. 2003. Efectos de la duración y las condiciones del reposo en ayuno previo al faenamiento de los bovinos sobre las características de la canal. Memoria de Titulación, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile.
- Nowak, B., Mueffling, T.V., Hartung, J. 2007. Effect of different carbon dioxide concentrations and exposure times in stunning of slaughter pigs: Impact on animal welfare and meat quality. *Meat Sci* 75:290–298.

- O'Brien, P. J., Ball, R. O. 2006. Porcine stress syndrome. In Diseases of swine. 9th ed. Edited by: Straw, B., Zimmerman, J.J., D'Allaire and Taylor, D.J. Iowa. Blackwell publishing. Pp. 945-963.
- OIE. Organización Mundial de Sanidad Animal. 2005. Código Sanitario para los Animales Terrestres, 2005. Introducción a las directrices para el bienestar animal, anexo 3.7.1; Directrices para el transporte de animales por vía terrestre, anexo 3.7.3; Directrices para el sacrificio de animales destinados al consumo humano, anexo 3.7.5.
- Omojola, A.B. 2007. Carcass and organoleptic characteristics of duck meat as influenced by breed and sex. *Poultry Science*; 6(5):329-334.
- O'Neill, D. J., Lynch, P. B., Troy, D. J., Buckley, D. J., Kerry, J. P. 2003. Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pigmeat. *Meat Science*. 64; 105-111
- Peinado, V. I., Fernández-Arias, A., Zabala, J.L., Palomeque, J. 1993. Effect of captivity on the blood composition of Spanish ibex (*Capra pyrenaica hispana*). *Veterinary Record*. 137:5588-591.
- Pérez-Álvarez, J. A. 2006. Color. En: Ciencia y Tecnología de Carnes. Y.H. Hui, I. Guerrero-Legarreta y M. R. Rosmini (editores). México: Noriega. p. 634.
- Pérez, M. P., Palacio, J., Santolaria, M. P., Acena, M. C., Chacón, G., Gascón, M., Calvo, J. H., Zaragoza, P., Beltran, S., García-Belenguer, S. 2002. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. *Meat Science*. 61:425-433.
- Peeters, E., Neyt, A., Beckers, F., de Smet, S.M., Aubert, A.E., Geers, R. 2005. Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin C, and vitamin E on stress responses of pigs to vibration. *Journal Animal Science*. 83(7):1568-1580.
- Perremans, S., Randall, J. M., Allegaert, L. M., Stiles, A., Rombouts, G., Geers, R. 1998. Influence of vertical vibration on heart rate of pigs. *Journal of Animal Science*. 76:416-420.
- Perremans, S., Randall, J.M., Rombouts, G., Decuypere, E., Geers, R. 2001. Effect of whole body vibration in the vertical axis on cortisol and adrenocortical hormone levels in piglets. *Journal Animal Science*. 79:975-981.
- Piñeiro, M., Piñeiro, C., Carpintero, R., Morales, J., Campbell, F., Eckerssall, P. Thousaind, J.M.M., Lampreave, F. 2006. Characterisation of the pig acute phase protein response to road transport. *Veterinary Journal*. 173:669-674.
- Piñeiro, M., Piñeiro, C., Carpinteiro, R., Morales, J., Campbell, F. M., Eckerssall, P. D., Tousaint, M. S. M., Lampreave, F. 2007. Characterisation of the pig acute phase protein response to road transport. *Veterinary Journal*. 173:669-674.
- Pollard, J. C., Littlejohn, R. P., Asher, G. W., Pearse, A. J. T., Stevenson-Barry, J. M., McGregor, S. K., Manley, T. R., Duncan, S. J., Sutton, C. M., Plock, K., Prescott, J. 2002. A comparison of biochemical and meat quality variables in red deer (*Cervus elaphus*) following either slaughter plant. *Meat Science*. 60:85-94.
- Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H. 1994. Tecnología e higiene de la carne. *Acribia*. Zaragoza, España. Pp. 19-34, 124-126
- Quiroga, T. G., García, S. J. L. 1994. Manual para la Instalación del Pequeño Matadero Modular de la FAO, No. 20. Roma Italia: FAO. Estudio FAO Producción y Salud Animal. 250.
- Raj, A. M., Gregory, N. G. 1995. Welfare implications of gas stunning of pigs. Determination of aversion to the initial inhalation of carbon dioxide or argon, *Animal Welfare*, 4, 273-280.
- Raj, A. B., Johnson, S. P., Wotton, S. B., McIntstry, J. L. 1997. Welfare implications of gas stunning of pigs. The time of loss to somatosensory evoked potentials and spontaneous electrocorticograms of pigs during exposure to gases. *Veterinary Record*. 153:329-339.
- Raj, A.B. 1999. Behaviour of pigs exposed to mixtures of gases and the time required to stun and kill them: welfare implications. [Vet Rec.](#) 1999 Feb 13;144(7):165-8.
- Ross, M. H. 2002. Animal stunning system, U.S. Patent 6,471, 576, B1, October 20, 2002.

- Rundgren, M., Lundstrom, K., Edfors-Lilja, I., Juneja, R.K. 1990. A within-litter comparison of the three halothane genotypes. 1. Piglet performance and effects of transportation and amperozide treatment at 12 weeks of age. *Livestock Production Science*. 26:137-153.
- Saco, Y., Docampo, M. J., Fabrega, E., Manteca, X., Diestre, A., Lampreave, F., Bassols, A.. 2003. Effect of stress transport on serum haptoglobin and pig-MAP in pigs. *Animal Welfare*. 12:403-409.
- Sánchez-Chiprés, D. R., Villagómez, D., Galindo-García, J., Ayala-Valdovinos. 2008. Productive performance of carriers pigs of halothane gene under no controlled climate. *REDVET: Vol. IX, Nº 5*.
- Sánchez-Zapata, E., Navarro, R.C., Sayas, B.M.E., Sendra, N.E., Fernández, L.J., Pérez-Álvarez, J.A. 2010. Efecto de las condiciones *antemortem* y *postmortem* sobre los efectos que determinan la calidad de la carne. En: *Bienestar Animal y Calidad de la Carne*. (Eds.) Mota-Rojas, D. y Guerrero-Legarreta, I. Editorial BM Editores. México. pp: 329-349.
- Schaefer, A. L., Jones, S. D. M., Stanley, R. W. 1997. The use of electrolyte solutions for reducing transport stress. *Journal Animal Science*. 75:258-265.
- Shaw, F.D. and Trout, G.R. 1995. Plasma and muscle cortisol measurements as indicators of meat quality and stress in pigs. *Meat Sci.*, 39: 237-246.
- Sevenije, B., Schreurs, G.J., Winkelman, F., Gerritzen, A.H., Korf, A.M., Lambooij, J.E. 2002. Effects of feed deprivation and electrical, gas and captive needlestunning on early posmortem muscle metabolism and subsequent meat quality. *Poultry Science*; 81:561-571.
- Shaw, F. D., Trout, G.R. 1995. Plasma and muscle cortisol measurements as indicators of meat quality and stress in pigs. *Meat Science*. 39:237-246.
- Shea-Moore, M. 1998. The effect of genotype on behavior in segregated early weaned pigs in an open field. *Journal Animal Science*. 76(Suppl. 1):100.
- Silva, J. R., Tomic, G., Caviaras, E., Mansilla, A., Oviedo, P. 2005. Estudio de la Incidencia del Reposo Ante mortem en Cerdos y la Influencia en el pH, Capacidad de Retención de Agua y Color de músculo. *Ciencia e Investigación Agraria*. 32(2): 125-132.
- Śmiecińska, K., Denaburski, J., Sobotka, W. 2011. Slaughter value, meat quality, creatine kinase activity and cortisol levels in the blood serum of growing-finishing pigs slaughtered immediately after transport and after a rest period. *Pol J Vet Sci* 14:47-54.
- Sterten, H., Oksbjerg, N., Froystein, T., Ekker, A., Kjos, N. (2010). Effects of fasting prior to slaughter on pH development and energy metabolism post-mortem in M. Longissimus dorsi of pigs. *Meat Science* 84, 93-100.
- Sutherland, M. A., McDonald, A., McGlone, J. J. 2009. Effects of variations in the environment, length of journey and type of trailer on the mortality and morbidity of pigs being transported to slaughter. *The Veterinary Record*. 165:13-18.
- Tadich, N., Ge, C., Alvarado, M. 2000. Effects of 36 hour transport by land with and without rest, on some blood traits indicative of stress in bovines (In Spanish). *Archivos de Medicina Veterinaria*. 32(2):171-183.
- Tadich, N., Gallo, C., Echeverría, R., Van Schaik, G. 2003. Efecto del ayuno durante dos tiempos de confinamiento y de transporte terrestre sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos. *Arch Med Vet* 35, 171-185.
- Tadich, N., Gallo, C., Bustamante, H., Schwerter, M., Van Schaik, G. 2005. Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. *Livest Prod Sci* 93, 223-233.
- Troeger, K., Wolstersdorf, W. 1991. Gas anesthesia of slaughter pigs. *Fleischwirtsch International*. 4:43-49.
- Vanda, B. 2007. Necesidades y beneficios de una ley general de bienestar animal. México: Universidad Nacional Autónoma de México, International Fund for Animal Welfare. 32.

- Varnam, A. H., Sutherland, J. P. 1998. Carne y Productos Cárnicos. En: Tecnología, Química y Microbiología. Acribia, Zaragoza. p. 438.
- Velarde A., Gisper, M., Faucitano, L., Manteca, X., Diestre, A. 2000a. The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and haemorrhages in pork carcasses. *Meat Science*. 55:309-314.
- Velarde, A., Gispert, M., Faucitano, L., Manteca, X., Diestre, A. 2000b. Survey of the effectiveness of stunning procedures used in Spanish abattoirs. *Veterinary Record*. 146:65-68.
- Velazco, J. 2001. Prevención de PSE en carne de cerdo. *Cerme Tec*. Nov/Dic: 28-29, 32 y 34.
- Von Borell, E., Schäffer, D. 2005. Legal requirements and assessment of stress and welfare during transportation and pre-slaughter handling of pigs. *Livestock Production Science*. 97:81-87.
- Warner, R. D., Eldridge, G.A., Winfield, C. G. 1990 En: Proj. DAV74P – Final Report, Canberra, Australia.
- Warriss, P. D. 1990. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 171-186.
- Warriss, P. D. 1992. Animal welfare. Handling animals before slaughter and the consequences for welfare and product quality. *Meat Focus International* (July): 135-138.
- Warriss, P. D. 1994. Ante-mortem handling of pigs. En: Cole DJA, Wiseman J y Varley MA (Eds.) *Principles of Pig Science*. pp. 425-432. UK: Nottingham University Press.
- Warriss, P. D., Brown, S.N., Adams, S.J.M. 1994. Relationship between subjective and objective assessment of stress at slaughter and meat quality in pigs. *Meat Science*. 38:329-340.
- Warriss, P. D. 1998 a. Choosing appropriate space allowances for slaughter pigs transported by road: A review. *Veterinary Record*. 142:449-454.
- Warriss, P. D. 1998 b. The welfare of slaughter pigs during transport. *Animal Welfare*. 7:365-381.
- Warriss, P. D. 2000. Chapter 7: The effects of live animal handling of carcass and meat quality. *Meat Science an introductory text*. Londres: CABI Publishing. pp. 131-155.
- Warriss, P. D. 2003. Optimal lairage times and conditions for slaughter pigs: a review. *Veterinary Record*, 153:170-176.
- Warriss, P. D. 2004. Insensibilización y sacrificio de bovinos. *Informativo sobre carne y productos cárneos (Universidad Austral de Chile) N° 31*: 77-79.
- Weaver, S. A., Dixon, W. T., Schaefer, A. L. 2000. The effects of mutated skeletal ryanodine receptors on hypothalamic-pituitary-adrenal axis function in boars. *Journal of Animal Science*. 78:1319-1330.
- Webster, J. 1994. *Animal Welfare: A Cool Eye Towards Eden*. Oxford, UK: Blackwell Science. 273.
- Webster, A. J. F. 1998. Assessment of Welfare State: The 'Five Freedoms'. *Naturwissenschaften*. 85:262-269.
- Werner, M., Gallo, C. 2008. Effects of transport, lairage and stunning on the concentrations of some blood constituents in horses destined for slaughter. *Lives Sci.*, 115: 94-98.
- White, R. G., DeShazer, J. A., Tressler, C. J., Borcher, G.M., Davey, S., Warninge, A., Parkhurst, A. M., Milanuk, M. J., Clems, E. T. 1995. Vocalizations and physiological response of pigs during castration with and without anesthetic. *Journal of Animal Science*. 73:381- 386.

Avances de la Red Nacional de Bienestar Animal

¹Dr. Juan de Jesús Taylor-Preciado

²MC. Héctor Cruz Michel Parra, ²MC Raúl Leonel De Cervantes Mireles

¹Departamento de Producción Animal, ²Departamento de Medicina Veterinaria
División de Ciencias Veterinarias
Universidad de Guadalajara

Introducción

En los últimos años el tema de Bienestar animal ha tenido gran difusión en el mundo, diversas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales se han ocupado de él, un ejemplo importante es la OIE (Organización Internacional de Salud Animal), quien ha desarrollado diversas actividades en ese sentido como la “Primera Conferencia Mundial sobre Bienestar Animal” (febrero de 2004) cuyo tema fue “Iniciativa de la OIE en Bienestar Animal”; posteriormente, en 2005, durante la 73ª Sesión General de la OIE, la asamblea de Delegados estableció 5 directrices:

- Transporte de animales vía terrestre.
- Transporte de animales vía marina
- Transporte de animales vía aérea.
- Sacrificio de animales para consumo humano.
- Matanza de animales con fines profilácticos.

Posteriormente, en octubre de 2008 la OIE celebró la Segunda Conferencia Mundial de Bienestar animal en El Cairo, Egipto con el tema: “Por la aplicación efectiva de las Normas de la OIE”.

En el ámbito Panamericano, del 19 al 20 agosto de 2008 se celebró en Panamá la primera Reunión Interamericana de la OIE sobre Bienestar Animal y del 29 de junio al 1º de julio de 2010 en la ciudad de Santiago, Chile, se analizaron los “Puntos focales de Bienestar Animal de la OIE”.

Por otro lado, en México como en otros países ha habido gran interés y desarrollo en el tema de Bienestar Animal por diferentes razones, una de ellas es la presión que la sociedad ha venido ejerciendo sobre gobernantes, autoridades sanitarias, así como sobre todos aquellos que tienen relación con los animales como ganaderos, productores, transportadores de animales, operadores de rastros y aún sobre los Médicos Veterinarios. Otro elemento que ha ejercido presión y ha impulsado el desarrollo del tema han sido las asociaciones protectoras de animales quienes no tienen en sí mismas la misma filosofía ni interés y, en tercer lugar, las universidades, que desarrollan nueva tecnología, educación e investigación.

Es necesario resaltar que en lo referente al primer punto, la sociedad que pertenece a los países más desarrollados, ha estado muy atenta al trato que se brinda a los animales, tanto a los de producción como también a las mascotas; es usual ver que presionan de manera cada vez más intensa a los legisladores para que se reglamente el uso, actividades y posesión de las diferentes especies animales, tanto en zoológicos, circos como en refugios; buscando crear una cultura de buen trato a los animales.

Algunas asociaciones protectoras de animales que participan de manera permanente en el bienestar animal, (esa es su función), tienen una posición radical, pero otras presentan incluso alternativas para la solución de problemas tradicionales y dedican buena parte de su tiempo a la gestión de recursos económicos para sus actividades. Algunas de ellas inciden principalmente en las mascotas y enfocan su acción al control animal, a la eutanasia, castraciones a animales con y sin dueño. En nuestro país, la mayoría de dichas asociaciones no se enfocan a la producción y salud animal, sacrificio de animales de abasto y movilidad de los mismos ya que este es un trabajo menos vistoso, remunerado y publicitado.

Por otro lado, las universidades juegan tal vez el papel más importante porque, como señala Broom, (2005) el Bienestar Animal se ha desarrollado rápidamente como disciplina científica desde 1980 e involucra diversas áreas como: salud animal, patología, estrés, fisiología y comportamiento animal entre otras y tienen la posibilidad de capacitar a académicos y estudiantes de Medicina Veterinaria, Agronomía, Biología y Medicina, así como a los profesionales en su ejercicio para anteponer a las actividades productivas,

educativas y de investigación el bienestar de los animales; asimismo, capacitar a los productores, ganaderos, encargados de la movilidad de animales, conductores de vehículos, personal de los centros de sacrificio (rastros, obradores) en temas de bienestar animal.

Es por eso que se ha buscado aprovechar por diferentes medios la experiencia, los recursos humanos y materiales con que se cuenta en nuestro país para organizar a través de redes que permitan llevar a cabo un trabajo más ordenado en ese sentido, un trabajo que permita crear una cultura de bienestar animal en la sociedad.

Educación y Bienestar Animal

México tiene un gran trabajo hecho y también mucho por hacer en el tema de bienestar animal, esto en buena medida se debe a la realización de la "Primera Reunión Panamericana de Educación y Ejercicio Profesional en las Ciencias Veterinarias" celebrada en la ciudad de Veracruz, en noviembre de 1997 donde se acordó el "Perfil del Médico Veterinario para Latinoamérica" y en él se incluyó como actividad concreta: "Promoción del bienestar animal". Asimismo, en el documento "Análisis de los diseños curriculares de la carrera de medicina veterinaria en México: hacia la construcción de un marco de referencia nacional" editado por la Asociación Mexicana de Escuelas y Facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia se incluyó como propuesta la asignatura: Comportamiento y manejo animal, así como el acuerdo de abordar diversos aspectos de bienestar animal a lo largo del currículo. (AMEFMVZ 1998); es por eso que la mayoría de las escuelas de Medicina Veterinaria han incluido en su plan de estudios materias o al menos temas relacionados con etología o bienestar animal.

Una vez que las escuelas han incluido en sus currículos el tema de bienestar animal, se ha requerido la formación y preparación de profesores para desarrollar estos programas, sin contar con la gran cantidad de trabajos de investigación y transferencia de tecnología que se han realizado y se siguen realizando. Es además importante señalar que los currículos no solo incluyen una asignatura relacionada con el tema de bienestar animal, es un acuerdo nacional que los temas deben abordarse de manera transversal para ser analizados en las asignaturas que tienen relación con medicina y clínica, así como en producción animal.

Capacitación a profesores

Es indudable que se ha hecho un gran esfuerzo en el país para la formación de profesores en aspectos relacionados con el bienestar animal, en diferentes escuelas y facultades de medicina veterinaria se han formado académicos en áreas como etología y bienestar animal; sin embargo, de manera específica y sobre todo a partir del acercamiento de la World Society for the Protection of Animals (WSPA) con la División de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Guadalajara, se acordó ofrecer cursos básicos de bienestar animal a profesores de las escuelas y facultades de medicina veterinaria y zootecnia de México, agrupándolas por regiones, esto permitió reunir en 7 sedes a representantes de la mayoría de las instituciones educativas.

La intención del proyecto fue sensibilizar al gremio veterinario en torno a que el bienestar animal puede analizarse desde diferentes puntos de vista, que finalmente se sinteticen en conceptos adoptables para el ejercicio cotidiano del quehacer veterinario. En este sentido, una de sus acciones en México fue que en coordinación con el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara se diseñó un programa para la promoción del bienestar animal, a través de las instituciones de educación veterinaria de México (AMEFMVZ), dicho programa fue estructurado de la siguiente forma:

Tipos de centros.

- A).- Centro regional WSPA-CA
- B).- Centro nacional de referencia WSPA-México.
- C).- Centros estatales México.

A).- Centro regional WSPA-CA: este centro es el internacional y tiene su sede en Costa Rica.

B).- Centro nacional de referencia WSPA-México: centro para toda la república mexicana que dio inicio con el proyecto.

C).- Centros estatales México: estos centros corresponden a los núcleos de desarrollo y capacitación generados en universidades de los estados o distritos, estas universidades se vuelven sedes para otras universidades geográficamente cercanas.

Estrategia de acción:

Para el proyecto, se planeó la integración de 7 centros regionales de capacitación, que son los siguientes:

1. Aguascalientes (Universidad Autónoma de Aguascalientes).
2. Culiacán. (Universidad Autónoma de Sinaloa).
3. *Guadalajara (Universidad de Guadalajara).
4. Monterrey. (Universidad Autónoma de Nuevo León).
5. Toluca. (Universidad Autónoma del Estado de México).
6. Veracruz. (Universidad Veracruzana).
7. Mérida (Universidad Autónoma de Yucatán).

*En el caso de la Universidad de Guadalajara, además fungió como el Centro nacional de referencia WSPA-México.

Los centros estatales tuvieron bajo su coordinación y capacitación las siguientes universidades:

Aguascalientes (Universidad Autónoma de Aguascalientes).

- a). Universidad Autónoma de Zacatecas.
- b). Universidad La Salle (León Guanajuato).
- c). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- d). Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Culiacán (Universidad Autónoma de Sinaloa).

- a). Universidad Autónoma de Baja California (Mexicali)
- b). Universidad Autónoma de Baja California (La paz)
- c). Instituto Tecnológico de Sonora.
- d). Universidad Autónoma Juárez de Durango.

Guadalajara (Universidad de Guadalajara).

- a). Universidad Autónoma de Nayarit.
- b). Universidad Autónoma de Colima,
- c). Centro Universitario del Sur (U de G. Cd. Guzmán).
- d). Centro Universitario de los Altos (U de G. Tepatitlán)

Monterrey (Universidad Autónoma de Nuevo León).

- a). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- b). Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- c). Centro de Estudios Universitario (CEU).
- d). Universidad Autónoma Antonio Narro (Torreón).

Toluca (Universidad Autónoma del Estado de México).

- a). Universidad Autónoma de Querétaro.
- b). Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (UNAM).
- c). Universidad Autónoma Metropolitana.
- d). Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Veracruz (Universidad Veracruzana)

- a). Universidad Veracruzana (Tuxpan).
- b). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- c). Universidad Autónoma de Oaxaca.

Mérida (Universidad Autónoma de Yucatán).

- a). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- b). Universidad Autónoma de Campeche.
- c). Universidad Autónoma de Chiapas.

En todas ellas se llevó a cabo el curso taller sobre “Inducción a los Conceptos de Bienestar Animal” utilizando los CD y libros que la WSPA ha producido y facilitado gratuitamente para las universidades; el impacto esperado era, como lo expresa John Callaghan, que el material juegue a su vez un papel importante al ayudar a los veterinarios del futuro a desarrollar un mejor entendimiento del cuidado de los animales y estimular un pensamiento crítico enfocado a los asuntos referentes al bienestar, no solamente durante el curso en sí, sino a lo largo de su desenvolvimiento como veterinarios.

Resultado: La respuesta no fue la esperada ya que hacía falta más interés de los directivos por el tema, por esta razón, se decidió ofrecer un curso sobre elementos básicos del bienestar animal dirigido a ellos y organizar todos los esfuerzos que se encontraban aislados o independientes en una Red Nacional de Bienestar Animal.

Integración de la Red Nacional de Bienestar Animal

La Red Nacional de Bienestar Animal se organizó aprovechando las sesiones del Consorcio de Universidades Mexicanas (CUMex), que es una asociación académica que incorpora a las 23 universidades con los estándares más altos del país y que otorga recursos para la organización de cátedras nacionales.

La Cátedra Nacional CUMex de Medicina Veterinaria lleva el nombre de la Dra. Aline Schunemann y es un espacio que opera a partir de un programa de actividades como mesas redondas, conferencias, talleres, cursos y foros de discusión en donde los académicos y alumnos comparten experiencias con reconocidos expertos de instituciones nacionales e internacionales, con el propósito de conformar redes académicas que desarrollen tareas específicas para la formación de recursos humanos a partir de proyectos de investigación y docencia en áreas específicas. (<http://www.cumex.org.mx/catedras/>).

La Cátedra Nacional CUMex del 2011 se celebró en la Universidad de Guadalajara con el tema “Bienestar Animal” y tuvo como objetivo conformar dos redes académicas: a) la Red Nacional de Bienestar Animal y b) la Red Nacional de Unidades de Respuesta a Emergencias Veterinarias.

a. Red Nacional de Bienestar Animal

Considerando todo lo anterior, durante la celebración de la primer sesión de la Cátedra Nacional CUMex de Medicina Veterinaria 2011, se propuso la integración de la Red Nacional de Bienestar Animal incorporándose a ella todos aquellos representantes de facultades y escuelas de Medicina Veterinaria y Zootecnia del país que estuvieran desarrollando actividades en el tema, así como a investigadores y miembros de Cuerpos Académicos, pero también ofreciendo la oportunidad a aquellos que no pertenecían a CUMex, la intención era organizar los esfuerzos para obtener mejores resultados y compartir recursos y conocimientos.

La Red quedó conformada por las siguientes áreas:

- Ética.
- Higiene urbana veterinaria.

- Unidad de respuesta a emergencias veterinarias.
- Educación.
- Legislación y reglamentación.
- Investigación.
- Vinculación y difusión.
- Unidad de evaluación y certificación.
- Capacitación.

b. Red de Unidades de Respuesta a Emergencias Veterinarias.

Una parte de las actividades que tienen relación con el bienestar animal es la respuesta a emergencias veterinarias. México por su ubicación y geografía es muy susceptible a diferentes tipos de desastres y fenómenos naturales; tal es el caso de intensas lluvias, inundaciones, terremotos, tormentas tropicales, ciclones y huracanes que se transforman en un desastre cuando superan los límites de lo que se considera normal. En ocasiones, los desastres son causados por diversas actividades humanas, que alteran la normalidad del medio ambiente o de la geografía; entre esas alteraciones se puede enumerar: la contaminación del medio ambiente, la explotación errónea de los recursos naturales renovables (agua, bosques y suelo) y no renovables (los minerales, el petróleo), así como la construcción de viviendas y edificaciones en zonas de alto riesgo.

Las actividades humanas que se desarrollan en áreas con alta [probabilidad](#) de desastres naturales se conoce como de alto [riesgo](#) y las zonas de alto riesgo sin instrumentación ni medidas apropiadas para responder al desastre natural o reducir sus efectos negativos se conocen como zonas de alta [vulnerabilidad](#). Los efectos de un desastre pueden amplificarse debido a una mala planificación de los asentamientos humanos, falta de medidas de seguridad y de planes de emergencia y sistemas de alerta.

Por su ubicación y geografía, México ha sido víctima a lo largo de su historia de fenómenos naturales que se han convertido en severos desastres, entre las más graves se encuentran: (<http://www.taringa.net/Los-11-desastres-naturales-mas-impactantes-en-Mexico.html/>).

1.-Terremoto del 19 de Septiembre de 1985 (Costa del pacífico, en los límites de Michoacán y Guerrero).
2.-Huracán de 1959 (costa del Pacífico mexicano).
3.-Erupción del Parícutín (Michoacán).
4.- Terremoto de 1973 (estado de Veracruz).
5.-Huracán Wilma 2005 (costa de Quintana Roo).
6.-Inundaciones en Tabasco 2007 (estados de Chiapas y Tabasco).
7.-Huracán Gilberto 1988 (Caribe y el Golfo de México).
8.-Huracán Stan (Caribe Mexicano).
9.-Huracán Paulina 1997.
10.-Huracán Emily 2005. (Caribe Mexicano hasta Tamaulipas).
11.-Erupción del Chichonal 1982 (Chapultenango, Chiapas).

Como puede apreciarse, es bastante frecuente la presencia de desastres naturales en México con altas pérdidas económicas, materiales y humanas. Sin embargo, es común que los daños ocasionados por los desastres naturales de cualquier tipo sean cuantificados en términos económicos o en pérdidas humanas; no es usual que se señalen las pérdidas de animales, que en ocasiones afectan más a la población para su recuperación porque las más pobres comunidades del mundo son totalmente dependientes de los animales para comida, transporte y comercio, además de que los animales domésticos les proveen de compañía, especialmente en tiempos de desastres.

Es por eso que la ayuda brindada a los animales tanto en riesgo como en desastre, permite que se reduzca el sufrimiento de las comunidades y se les ayuda a prepararse para la recuperación.

Integración de Unidades de Respuesta a Emergencias Veterinarias (VERU) en México

Al igual que en otros proyectos, WSPA en México, estableció la Unidad de Respuesta a Emergencias Veterinarias (VERU); la primera oficina se inició en la División de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Guadalajara con la finalidad de ofrecer respuesta en caso de desastres. El VERU se integró con un profesor responsable del área y un equipo de apoyo en el que han participado algunos académicos y alumnos interesados en el tema, distintos organismos gubernamentales y no gubernamentales (Protección civil, bomberos, policía estatal y municipal) quienes se han capacitado a

través de varios cursos y también participan y brindan apoyo en cursos, talleres y simulacros.

El proyecto consiste en brindar ayuda a los animales en riesgo, apoyo para almacenamiento y protección adecuada de agua y alimento, identificación de animales que pueden ser rápidamente reunidos con sus propietarios, técnicas y métodos para movilizar animales de manera segura, identificación y aseguramiento de los refugios, proveer cuidados de emergencia veterinaria a través de clínicas fijas y móviles, alimentación de animales hambrientos y reubicación de los animales y sus propietarios, colaborar hasta que se regresa a las condiciones normales y minimizar el impacto de futuros desastres en el área.

Capacitación para la Operación del VERU

Durante tres años consecutivos se han ofrecido cursos y talleres de capacitación a profesores y alumnos; los primeros cursos fueron en la Universidad de Guadalajara y, posteriormente en otras universidades; los resultados han sido prometedores porque ha habido mucha gente interesada en participar. Por otro lado, se han atendido emergencias por desastres en varios estados, requiriéndose integrar en otras universidades del país más centros VERU, ya que se necesita movilizar personal de una a otra parte para atender una emergencia, lo que resulta demasiado costoso por el transporte, hospedaje y alimentación de los integrantes de la Unidad y de los gastos operativos. Asimismo, la distancia ocasiona el retraso de las acciones. Es por eso que se acordó con WSPA conformar una Red de Unidades de Respuesta a Emergencias Veterinarias con la participación de las escuelas y facultades de Medicina Veterinaria del país que estuvieran interesadas en establecer su oficina VERU.

Organización de la Red Nacional VERU

La Red VERU se organizó a partir de la programación de un curso-taller para el establecimiento de Unidades de Respuesta a Emergencias Veterinarias. Al curso asistieron representantes de 13 universidades quienes acordaron y se comprometieron a establecer su oficina VERU. Se han realizado ya importantes acciones debido a los desastres ocurridos desde su integración.

Prospectiva a corto plazo

La Red Nacional VERU incluye de momento 13 oficinas VERU en todo el país que permitirán dar respuesta inmediata a desastres nacionales e incluso internacionales pero, posteriormente, es seguro que participarán la mayoría de las escuelas y tendrán que establecer su oficina y capacitar a su personal académico, alumnos y egresados. Se requiere también fortalecer el equipamiento de las oficinas y su relación con órganos de protección civil y gobierno.

Referencias Bibliográficas:

Broom D.M. (2005) Animal Welfare Education: Development and Prospects. JVME 32(4) AAVMC. Pp. 438-441.

LEGS. Livestock Emergency Guidelines and Standards Project. (Normas y Directrices para intervenciones ganaderas en emergencias) (2009). Schumacher Centre for Technology and Development. Bourton on Dunsmore, Rugby, Warwickshire CV23, 9KZ, UK. Pp 2-3.

AMEFMVZ (Asociación Mexicana de Escuelas y Facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia) (1998). Universidad de Guadalajara, Subsecretaria de Educación Superior e Investigación Científica. P. 37.

(<http://www.taringa.net/Los-11-desastres-naturales-mas-impactantes-en-Mexico.html/>).

CAMBIO CLIMÁTICO

Amenazas y vulnerabilidad de la actividad ganadera en los trópicos ante los efectos del cambio climático. Los Sistemas Silvopastoriles intensivos (SSPi), una medida de adaptación y mitigación amigable al CC.

Aguirre O. Jorge^{*1}, Bonilla C. Jorge², Loya Olgún Lenin¹, Martínez G. Sergio¹, Gómez D. Alejandro¹, Alonso R. Raúl¹, Ulloa C. Ricardo¹, Ramírez J. Carmen¹, Gómez G. Agapito¹, Pacheco M. David³ y Vásquez A. Tomás³.

^{*1}Integrantes y Colaboradores del Cuerpo Académico (CAEC): Producción y Biotecnología Animal, Universidad Autónoma de Nayarit. Mail de ponente*: jorgea@nayar.uan.mx

²C.E. Santiago Ixcuintla, CIRPAC-INIFAP.

³Becario de proyecto de investigación del CONACYT

Resumen.

En años recientes se han destinado millones de dólares a estudios sobre el cambio climático (CC), su impacto en la producción de alimentos en el mundo, pero no se menciona si la llamada agricultura “climáticamente amigable” que incluye el manejo holístico y la producción de forrajes, optimiza la calidad nutricional de la leche y carne, produce bajas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), puede secuestrar carbono, y es posible que produzca suficiente alimentos para abastecer la población mundial creciente. La mejora en el manejo del ganado, es la forma más efectiva de reducir las emisiones de GEI, que de otra forma serían emitidos como consecuencia del pastoreo extensivo y la producción de cultivos agrícolas intensivos como materia prima para su alimentación. Existen opciones de alimentación animal que empiezan a considerarse como una herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático, ya que colaboran a su menor amenaza y vulnerabilidad. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) en la medida que logren expandirse en el país y en la región tropical mundial, serán una perspectiva, ya que producen 12 veces más carne que el pastoreo extensivo y 4.5 veces más que los mejores pastos mejorados sin árboles, pero las emisiones de metano (CH₄) no se incrementan en igual proporción, siendo 6.8 y 2.8 veces

mayores en el SSPi, respectivamente, razón por la cual las emisiones del mismo gas por tonelada de carne son 1.8 veces menores en el SSPi que en el pastoreo extensivo. Para producir 10,000 toneladas de carne se requieren casi 150,000 has en pastoreo extensivo, que además tienen un balance negativo de emisiones de CO₂ eq. (más de 48,000 ton). Por el contrario si la misma cantidad de carne se produce con SSPi se requiere de tan solo algo más de 12,000 has, que además da un balance de GEI positivo en más de tres mil toneladas reducidas de CO₂ eq. En cuanto a la adaptación al CC, los SSPi la favorecen porque mantienen la humedad del suelo, reducen las altas temperaturas ambientales en los potreros, aumentan la productividad y calidad de los forrajes, además de reducir la estacionalidad de la producción de carne y leche. En condiciones de la región tropical (Caribe seco de Colombia), los SSPi reducen la temperatura promedio anual (de 2 a 3 °C) y en los días más calientes las diferencias llegan a ser hasta de 13 °C; incrementan la humedad relativa en las regiones secas (entre 10 y 20%), reducen la evapotranspiración (1.8 mm/día). Se concluye que los SSPi contribuyen a la mitigación y a la adaptación de la ganadería tropical y reducen la amenaza y vulnerabilidad del CC.

Introducción.

En la actualidad se han manifestado los efectos adversos e inesperados del cambio climático, tales como temperaturas extremas, cambios drásticos en los regímenes de lluvia, la ocurrencia de sequía, y consecuentemente la menor disponibilidad de agua para el consumo humano y animal. También se proyecta la ocurrencia de modificaciones en los patrones de temperatura, en la frecuencia y severidad de fenómenos hidrometeorológicos extremos, en consecuencia alteraciones en el tipo, frecuencia e intensidad de enfermedades en los animales.

En México, entidades como Veracruz, Nuevo León, Distrito Federal, y Nayarit han logrado un avance con el apoyo económico del CONACYT y los Gobiernos de los Estados para la elaboración de Programas de Acción ante el Cambio Climático, ya que el calentamiento global y variaciones en la temporalidad de los procesos biológicos afectan

directamente a la ganadería, por lo que es indispensable efectuar acciones para mitigar las consecuencias en el mediano y largo plazo.

Los sistemas ganaderos basados en pastoreo en todo el mundo son totalmente dependientes de la disponibilidad de los recursos naturales y son afectados por el cambio climático; este proceso genera un aumento de la variación interanual y estacionalidad de las variables que determinan la disponibilidad de forraje y trae como consecuencia la reducción en la productividad pecuaria (Murgueitio *et al.*, 2012; Steinfeld *et al.*, 2009). Algunas modelaciones que se han hecho en el mundo describen que los sistemas ganaderos que dependen del pastoreo serán drásticamente afectados particularmente en África, Australia, América Central, y Asia Meridional. En estas zonas algunos estudios pronostican hasta el 50% de pérdida de biomasa disponible (Nardone *et al.*, 2010).

La sequía se considera como la insuficiente disponibilidad de agua en una región por un período prolongado para satisfacer necesidades de las poblaciones de plantas, animales y seres humanos. El agua será el punto débil en común de todos los sistemas ganaderos (CAWMA, 2007) y el segundo factor más crítico del planeta después del acceso a los alimentos, se calcula que el 64 % de la población mundial vivirá en cuencas con escasez del recurso hídrico en 2025, como resultado del crecimiento poblacional y el aumento de la demanda por diferentes usuarios (Rosegrant *et al.*, 2002).

Los siniestros naturales se ven agravados por la intervención humana sobre el medio ambiente: la desecación de humedales, incendios forestales, la deforestación, inundaciones e intensas sequías, aumentando así la frecuencia y violencia de las pérdidas meteorológicas que amenazan más a la humanidad, lo que resulta difícil prever y contrarrestar la intensidad del viento, lluvia y el sol (CORECA, 2001).

De acuerdo a diferentes modelos habrá un mayor cambio en la precipitación y en el caudal disponible en diferentes áreas tropicales, lo cual va desde una reducción de la lluvia en las zonas más áridas a un incremento hacia las regiones del hemisferio norte y

en zonas húmedas que puedan conllevar a problemas por exceso de precipitación estacional, calidad de agua y riesgos de inundaciones (Nakicenovic *et al.*, 2000).

Por lo anterior, los Sistemas Silvopastoriles intensivos (SSPi) responden a la necesidad de reconvertir la ganadería tropical en un actividad rentable generadora de bienes demandados por la sociedad como la carne, leche, pieles, madera, fruta con inocuidad, bienestar animal y al mismo tiempo generar servicios ambientales como la protección de fuentes hídricas, la rehabilitación de la fertilidad del suelo y la conservación de la biodiversidad. Por su diseño estructural, composición y los procesos del manejo encomendados, los SSPi comienzan a crearse por los investigadores, decisores de política, empresarios como una herramienta de mitigación y adaptación al CC en la medida que logren desarrollarse (Murgueitio *et al.*, 2011).

Antecedentes Bibliográficos.

Según reciente informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2006), el sector ganadero genera más gases de efecto invernadero, el 18% medido en su equivalente en dióxido de carbono (CO₂) que el sector del transporte. El ganado es uno de los responsables de graves problemas medioambientales actuales, se requiere una acción urgente para hacer frente, y cada año la humanidad consume más carne y lácteos.

El estudio de FAO expresa que el sector ganadero es responsable del 9% del CO₂ procedente de las actividades humanas, pero produce un porcentaje más elevado de los gases más perjudiciales, se genera el 65% del óxido nítrico de origen humano que tiene 296 veces el potencial del calentamiento global del CO₂, la mayor parte de este gas procede del estiércol. Es responsable del 37% del metano producido por la actividad humana (23 veces más perjudicial que el CO₂), originado en mayor parte en el sistema digestivo de los rumiantes y del 64% del amoníaco, que contribuye de forma significativa a la lluvia ácida. La ganadería emplea el 30% de la superficie del planeta, la mayor parte son pastizales, y ocupa también un 33% de la superficie cultivable destinada a producir

forraje. La tala de bosques para establecer pastos es la principal causa de deforestación en Latinoamérica, donde el 70% de los bosques han desaparecido en el Amazonas para pastizales (FAO, 2006).

1. En cuanto a la creciente vulnerabilidad por la brusquedad de situaciones climáticas extremas a raíz del CC, se predicen oscilaciones más acentuadas y frecuentes de temporadas secas o excesivamente lluviosas; en las cuencas del Caribe y el Pacífico, los huracanes y tormentas tropicales tienden a presentarse con mayor influencia afectando a América Central, las Islas del Caribe y México, en las regiones de América del Norte y cono Sur los frentes fríos generan heladas de gran magnitud, algo similar está sucediendo en los altiplanos y zonas de alta montaña de los Andes (Murgueitio *et al.*, 2012).

Las precipitaciones por encima de los promedios normales provocan deslizamientos en las laderas, e inundaciones en las áreas ganaderas. En la sequía las elevadas temperaturas muchas veces con vientos desecantes que afectan las áreas ganaderas, en ambos casos la oferta de forraje se minimiza incrementándose el sobrepastoreo, la compactación y degradación de los suelos (Rueda *et al.*, 2010). Además hay evidencias de la ampliación de la distribución de algunas plagas de cultivos y animales domésticos, así como la aparición de nuevos enemigos de los mismos (Giraldo y Murgueitio, 2010).

Los escenarios que se presentan como consecuencia del cambio climático fortalecen la importancia de los sistemas de producción agrícola sostenible, y cuanto más estable es un ecosistema, mejor hace frente a los factores de estrés adicionales inducidos (amenaza y vulnerabilidad reducidas) por el CC (Jarvis *et al.*, 2010). Murgueitio *et al.* (2009), plantean que la adaptación de los sistemas ganaderos al cambio climático, requiere de las siguientes condiciones:

- Planificar el uso de la tierra por sitio.
- Proteger, almacenar y emplear en forma eficiente el agua.
- Aumentar las prácticas de conservación de suelos.
- Desarrollarse la cobertura vegetal de árboles, arbustos y arvenses.

- Emplear sistemas agroforestales y silvopastoriles.
- Utilizar variedades y razas locales adaptadas.
- Promover prácticas agroecológicas, como la reducción de los insumos agroquímicos y el consumo del petróleo.
- Eliminar las prácticas insostenibles, como el fuego y la deforestación

Cuadro 1. Emisiones de GEI para tres escenarios, según el sistema de producción ganadera tropical en Colombia.

Parámetro	Pastoreo convencional sin árboles ¹	Pastos mejorados sin árboles ¹	Sistema silvopastoril intensivo ²
Kg de carne por ha/año (PV)	67.5	182.5	821.3
Hectáreas necesarias para 10,000 ton. de carne	148.093	54.795	12.177
Emisión de metano (ton de CO ₂ eq)	48.204	43.726	26.849
Captura de C en el suelo (ton CO ₂ eq)	0	38.356	11.896
Captura de C (ton CO ₂ eq) en comp. arbóreo y arbustivo ⁴	0	0	18.265
Balance GEI ton	-48204	-5370	3312

¹FEDEGAN-FNG-CIPAV, 2010. ²Murgueitio M *et al.*, 2011. ³Thorton y Herrero, 2010. ⁴Arias *et al.*, 2009.

La intensificación concebida como un aumento en la productividad tanto de la producción pecuaria, como de los cultivos forrajeros puede reducir las emisiones de GEI provenientes de la deforestación y la degradación de los pastizales (Cuadro 1). Los SSPi con alta densidad de árboles, arbustos y pastos mejorados favorecen la adaptación al CC, porque mantienen la humedad del suelo, reducen las altas temperaturas ambientales en los potreros, en consecuencia restringen la vulnerabilidad a los animales, mejorando también la productividad y calidad de los forrajes; además de reducir la estacionalidad de la producción de carne y leche.

El uso de árboles con raíces profundas, reduce la vulnerabilidad de la producción pecuaria frente a las altas temperaturas, puesto que estas especies son más tolerantes a la sequía, con lo cual se logra una producción de forraje mucho más estable durante las época seca. De igual forma al actuar como barrera rompevientos y proveer sombra, los árboles ayudan a mejorar los parámetros microclimáticos del suelo, ya que incrementan la capacidad de retención de agua y la aireación, asimismo disminuyen la temperatura.

Como consecuencia de la actividad biológica, la mayor porosidad por la que circula el agua y aire, así como la materia orgánica, los suelos aumentan la retención del agua, situación fundamental en las cuencas hidrográficas. Existe evidencia en los últimos años que los SSPi pueden mitigar los efectos de periodos climáticos adversos, generando condiciones más adecuadas para la supervivencia y el desarrollo vegetal porque disminuyen las condiciones de estrés hídrico.

Como un ejemplo de la menor vulnerabilidad al CC, en la región del Caribe seco de Colombia los SSPi reducen la temperatura promedio anual (2 a 3 °C) y en los días más calientes las diferencias llegan a ser hasta de 13 °C; además se aumenta la humedad relativa en las regiones secas (entre 10 y 20%), reducen la evapotranspiración (1.8 mm/día), con ello se genera un mayor confort para el ganado en pastoreo y para el humano durante el manejo, convirtiéndose en modelos de producción sostenible para estas regiones donde los parámetros de producción son bajos (Rueda *et al.*, 2010).

2. Las contribuciones de los SSPi a la mitigación del cambio climático, para reducir los efectos negativos de la ganadería al medio ambiente, reduciéndose la vulnerabilidad al humano, en especial por las mayores emisiones de GEI (CO₂, CH₄ y NO₂). Se ha sugerido una intervención integrada que incluye la reducción de la deforestación, el uso del fuego como práctica de manejo, mejoramiento de la dieta de animales, empleo de fuentes naturales de nutrientes (fijación de nitrógeno atmosférico y reciclaje de nutrientes) y el estímulo a procesos biológicos en sustitución de los agroquímicos (Chará *et al.*, 2011).

Igualmente se contempla que los paisajes ganaderos establecidos con visión de sustentabilidad realizan en forma simultánea la conservación del bosque nativo, humedales y sabanas naturales, mientras que la zona de pastos sin árboles se transforma en un territorio agroforestal, mediante la combinación de diferentes arreglos espaciales como el manejo de la sucesión vegetal, los cercos vivos, barreras rompevientos, los bancos de forrajes para corte y acarreo, el pastoreo en plantaciones forestales, los árboles dispersos en potreros, donde los sistemas silvopastoriles intensivos en conjunto otorgan un sistema productivo estratificado con una alta diversidad vegetal y animal. El incremento en la productividad primaria del agroecosistema ganadero al disponer de más árboles, arbustos forrajeros, arvenses y el componente básico de pastos, más otras hierbas, contribuyen a adaptarse, y a disminuir la vulnerabilidad del animal y el humano ante el CC, por lo que se plantean los siguientes mecanismos (Giraldo *et al.*, 2011; Chará y Giraldo, 2011):

- Incremento en los depósitos de carbono en el suelo y la vegetación leñosa.
- Reducción de emisiones de metano por mayor eficiencia en el rumen del ganado por la calidad nutricional de la biomasa forrajera.
- Menores pérdidas de nitrógeno hacia la atmósfera por un rápido y eficiente reciclaje de las excretas.

La vegetación arbórea y arbustiva juega un papel fundamental en el paso del dióxido de carbono a formas químicas sólidas, en especial las cadenas de carbohidratos asociados a la lignina. Las raíces de estas plantas penetran en varios horizontes del suelo y contribuyen a aumentar la porosidad y el intercambio gaseoso del suelo. Por su parte, la hojarasca es una fuente de alimento y refugio de una gran cantidad de organismos que participan en el proceso de descomposición (miriápodos, lombrices de tierra, escarabajos y otros), los que a su vez mejoran las características del suelo al airear, descompactar, acelerar el reciclaje de nutrientes y procesar más rápido la materia orgánica de origen vegetal y mineral. El carbono orgánico del suelo puede llegar a ser tres veces mayor (1550 Pg.) que el retenido (550 Pg.) en los organismos vivos (Lal *et al.*, 1995), razón por la cual la dinámica del carbono en la biosfera depende en gran medida de lo que ocurra en el suelo (Moreno y Lara, 2003); por lo que se generan estos cambios en las reservas

del carbono orgánico del suelo que puede tener un efecto importante al disminuir o aumentar los niveles de la concentración de CO₂ en la atmósfera y consecuentemente en el clima global (menor vulnerabilidad). La acción conjunta de los escarabajos y las lombrices en los silvopastoriles intensivos se manifestó en un predio ganadero del valle del río César en el Caribe seco de Colombia, que degrada el estiércol bovino en menos de 10 días y remueve hasta 1.5 Kg de suelo por cada excreta durante el proceso de degradación (Giraldo y Murgueitio, 2010).

Como se observa en el cuadro 2, la fermentación entérica y la degradación microbiana de las heces son los procesos que más contribuyen al aumento de las emisiones de GEI, principalmente de CH₄ y NO₂, el primero es producido durante el proceso digestivo que ocurre en el rumen y en el ciego (en herbívoros no rumiantes), y es considerado una pérdida del potencial energético de los alimentos. Los principales factores que afectan la emisión de metano son el tipo de animal y las características nutricionales de la dieta, como el consumo y la digestibilidad (IPCC, 2006). Los SSPi contribuyen a que la actividad ganadera reduzca sus emisiones de GEI, a través de la captura de carbono en árboles y en el suelo, debido al aumento de la cobertura vegetal y a la disminución de los procesos de deforestación; adicionalmente al contar con pastos y forrajes de mayor calidad nutricional (hojas de árboles, componente herbáceo de zacates y otras hierbas) se reducen significativamente las emisiones de metano a la atmosfera, debido a un proceso fermentativo más eficaz a nivel mundial (Barahona y Sánchez, 2005), e indirectamente por la reducción en el uso de fertilizantes nitrogenados, pesticidas y otros insumos (Murgueitio *et al.*, 2011).

Cuadro 2. Indicadores de producción de carne y emisiones de metano (CH₄) en tres sistemas de producción ganadera tropical en Colombia.

Parámetro	Pastoreo convencional extensivo ¹	Pastos mejorados sin árboles ¹	SSPi- Sistema silvopastoril intensivo ²
Carga UA/ha	0.5	1	3

Ganancia diaria/animal (kg)	0.37	0.5	0.75
Ganancia diaria/ha	0.185	0.5	2.25
Días de ceba (de 250 a 440 kg)	514	380	253
Emisiones promedio de CH ₄ /año/ha (kg) ³	15.5	38	105
Kg de carne por ha/año (PV)	67.5	182.5	821.3
Emisión de CH ₄ por ton de carne producida	229.5	208.2	127.9
Hectáreas necesarias por ton de carne/año	14.8	5.5	1.2

¹FEDEGAN-FNG-CIPAV, 2010; ²Murqueitio *et al.*, 2011. ³Thorton y Herrero, 2010.

También los SSPi permiten reducir las emisiones, ya que promueven una mejor productividad animal, lo que mejora el balance entre la superficie utilizada y Kg de CO₂, a mayor productividad es lo que redunda en menores emisiones por unidad de producto y una mayor eficiencia a lo largo de la cadena productiva en términos de CO₂ (Cuadro 2). Tal vez uno de los atributos que llama más la atención de estos sistemas es que se aumenta la productividad ganadera, a través de la oferta de la biomasa forrajera, que a su vez incrementa la carga animal y la producción de carne o leche, pero igualmente se convierte en sumidero de CO₂ y al mismo tiempo, reduce las emisiones de metano por unidad de producto, de tal manera que el balance de GEI es positivo.

El SSPi produce 12 veces más carne que el pastoreo extensivo y 4.5 veces más que los pastos mejorados sin árboles, pero las emisiones de metano no se aumentan en igual proporción, siendo 6.8 y 2.8 veces mayores en el SSPi respectivamente, razón por la cual las emisiones de CH₄ por tonelada de carne son 1.8 veces menores en el SSPi que en el pastoreo extensivo. De tal forma que tanto la adaptación como la mitigación al CC van más allá de la reducción general a su vulnerabilidad, y por la unidad de producto del

metano. El análisis se efectúa como un balance de GEI que incluye aspectos positivos de captura de carbono en el suelo y la biomasa aérea, como la reducción en las emisiones de dióxido de nitrógeno, y para facilitar las comparaciones del cálculo se concibe como tonelada de CO₂, equivalente (ton CO₂ eq). Así para producir 10,000 toneladas de carne se demandan casi 150,000 hectáreas de pasto extensivo, que además tienen un balance negativo de emisiones de CO₂ eq (más de 48,000), lo que refleja la enorme ineficiencia productiva y los problemas ambientales de este uso de la tierra. Por el contrario, si la misma cantidad de carne se produce en los SSPi, se requiere tan solo algo más de 12,000 has, que además generan un balance de GEI positivo en más de 3,000 ton de CO₂; y cuando se estima la misma producción de carne con pastos mejorados sin árboles (sin fertilizantes), el área demandada es más de 4 veces de la que se emplearía con SSPi, además el balance de GEI es negativo en más de 5,000 ton de CO₂ eq.

Otro ejemplo que se plantea a la ponencia, consiste en parte de los resultados del estudio: "Impacto y estrategias de mitigación de cambio climático en el estado de Nayarit", donde los escenarios climáticos planteados para el estado proyectan un aumento en la temperatura media de 0.6 a 1.2 °C para 2020, de 1 a 2 °C para 2050 y de 2 a 4 °C para 2080. Lo anterior refleja que es una realidad la manifestación climática, los contextos meteorológicos para la precipitación pluvial serán de ± 5% para el 2020, de +10%, y -20% para 2050 y 2080, respectivamente, atribuible a que el ciclo hidrológico se volverá más intenso, aumentará el número de tormentas severas, alternándose periodos de sequía extremos y prolongados, donde los huracanes que se presenten en el litoral del pacífico, agranden su intensidad, y de continuar así, el efecto de cambio climático pronosticado para el año 2030 ejercerá una fuerte presión (40 a 60%) sobre el agua. Además para el año 2050, se prevé que la disposición y volumen de lluvia para el cultivo de maíz de temporal de la zona sur y para los agostaderos se verán disminuidos medianamente (SEMARNAT-INE, 2006).

Figura 1. Variación de la precipitación en las diferentes regiones fisiográficas de Nayarit a partir del año base (2005).

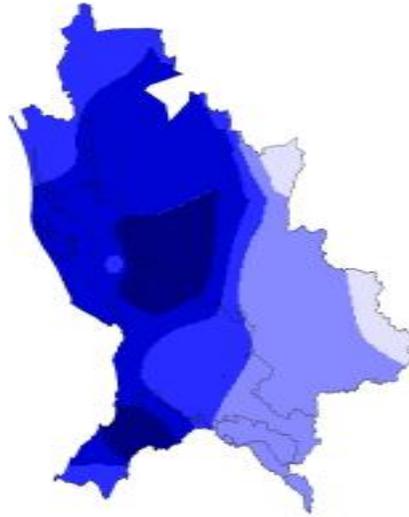


Figura 2. Superficie y rangos de precipitación pluvial por región fisiográfica en Nayarit en el año base (2005).

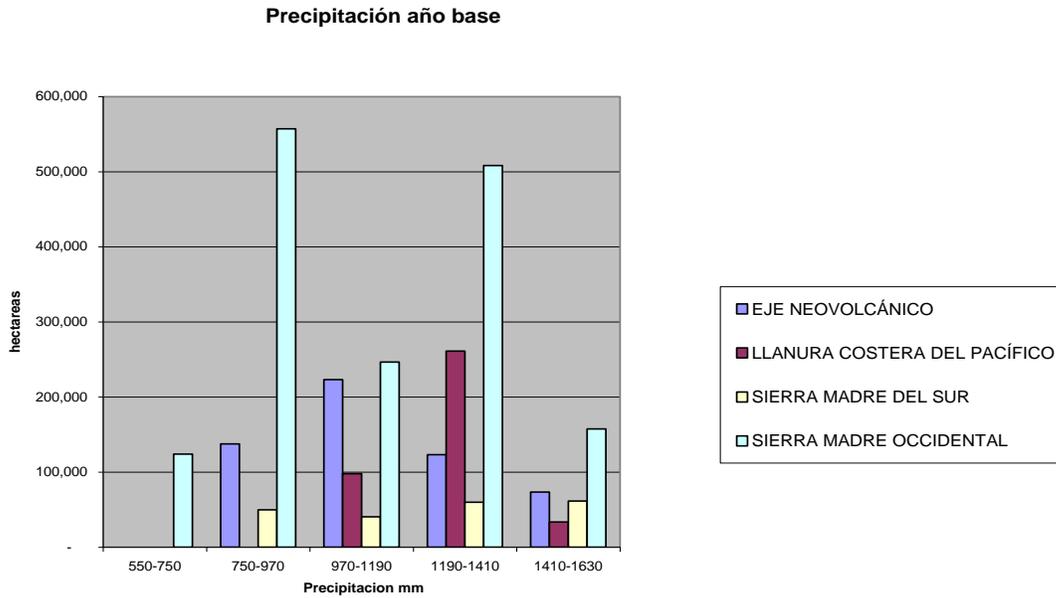


Figura 3. Variación de la temperatura (mínima, media y máxima) en las diferentes regiones fisiográficas de Nayarit a partir del año base (2005).



Mapas de las regiones fisiográficas de Nayarit en el año base (2005) de la temperatura: Izquierda, la mínima; intermedia, media anual; derecha, máxima.

Conclusiones

- Los SSPi contribuyen a la menor vulnerabilidad, de la ganadería tropical ante el CC al producir más carne o leche en menor superficie; además producir mayor proteína animal con menos emisiones de metano por tonelada de producto (reducción de amenaza) y tener un balance positivo de GEI.
- Los SSPi favorecen la adaptación de la ganadería tropical al CC, al reducir la temperatura y evaporación ambiental, mejorar la humedad y la actividad microbiota del suelo, producir mayor biomasa forrajera en las épocas de más estrés climático, así disminuyen su amenaza y vulnerabilidad.
- Como medida de mitigación, se recomienda aumentar la superficie ganadera sustentable con semillas forrajeras genéticamente adaptadas al efecto de CC, preservar el mayor número de mantos acuíferos para mayor captación del agua pluvial.
- Para el ejemplo del programa del CC en Nayarit y que puede ser aplicable a la zona tropical del país, la proyección a los 20, 50 y 80 años indica que se afectará gradualmente la actividad ganadera, los inventarios y producción animal en cuatro sentidos: 1) En la disponibilidad y precio de los granos y forrajes; 2) la producción y calidad nutricional forrajera; 3) la salud, crecimiento y reproducción de los hatos, debido a los fenómenos meteorológicos extremos (sequía, temperatura, descontrol del agua por el nivel de mar, etc.); y 4) la distribución y propagación de enfermedades en vegetales y animales.

Literatura citada

- CAWMA. 2007. Comprehensive assessment of water management in agriculture. Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture. London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute. 624 p.
- CORECA. (Consejo Regional de Cooperación Agrícola). 2001. Fenómeno de El Niño y sequía en Centroamérica. S.l: Consejo regional de cooperación agrícola (CORECA) Secretaría de Coordinación, 4 p.
- Chará J., E. Murgueitio, A. Zuluaga y C. Giraldo. 2011. Ganadería Colombiana sostenible. Mainstreaming Biodiversity in sustainable cattle ranching. Fundación CIPAV. 158 p.

- Chará J., y Giraldo C. 2011. Servicios ambientales de la biodiversidad en paisajes agropecuarios. Fundación CIPAV, Cali. 76 p.
- FAO. 2006. El sector ganadero genera más gases de efecto invernadero. Consultado el 28 de octubre de 2009 en: <http://www.fao.org/newsroom/eS/news/2006/1000448/index.html>.
- Giraldo C. Escobar F., Chará J., and Calle Z. 2011. The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. *Insect Conservation and Diversity*. 4:115 - 122.
- Giraldo C. y E. Murgueitio. Escarabajos estercoleros: los cinceles y rastrillos naturales de las tierras ganaderas. *Revista Carta Fedegan*, 116, 76 - 78.
- IPCC. 2006. Guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4: Agriculture, forestry and other land use. Prepared by the national greenhouse gas inventories Programme. Eggleston H.S, Buendia L. Miwa K, Ngara T and Tanabe K (eds). The Intergovernmental Panel on Climate Change. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan. 595 p.
- Jarvis A, Touval J.L., Castro M., Sotomayor L., and Graham G. 2010. Assessment of threats to ecosystems in South America. *Journal for Nature Conservation*. 18: 180 - 188.
- Lal, R., J. Kimble, E. Levine and C. Whitman. 1995. World soils and greenhouse effect: An overview. En: *Soils and global change. Advances in Soil Science series*. Lewis Pubs. Estados Unidos, 25 p.
- Moreno F.H. y Lara W. 2003. Variación del carbono orgánico del suelo en bosques primarios intervenidos y secundarios. En S.A. Orrego; J.I. Del Valle; F.H. Moreno (Eds.). *Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: Contribuciones para la mitigación del cambio climático*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Departamento de Ciencias Forestales. Centro Andino para la Economía en el Medio ambiente. Bogotá D.C. Colombia, 86 p.
- Murgueitio R. E., Chará O.J. Barahona R.R., Cuartas C.C. y Naranjo R.J. 2012. Los Sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. IV. Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Memorias, Morelia y Valle de Apatzingán/Tepalcatepec 1-8 pp.
- Murgueitio E., Calle Z., Uribe F., Calle A. and Solorio B. 2011. Native Trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Mangement*, 261: 1654-1663.
- Murgueitio E., C. Cuartas, C. Molina y F. Lalinde. 2009. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), una herramienta de desarrollo rural sustentable con adaptación al

cambio climático en regiones tropicales de América. Memorias II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles, en camino hacia núcleos de ganadería y bosque. Morelia y Tepalcatepec, México. Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán 1-10 pp.

Nakicenovic E., Alcamo J., Davis G., De Vries B., Fenham J., Gaffin S., Gregory K., Grubler A., Jung T., Kram T., Lebre La Rovere E., Michaelis L., Mori S., Morita T., Peper W., Pitcher H., Price L., Riahi K., Roehrl., A., Rogner H., Sankovski A., Schlesinger M., Sukla P., Smith S., Swart R. Van Rooijen S., Victor N., Dadi Z. 2000. Emissions Scenarios: A Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge. 509 pp.
<<http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm>>

Nardone A., Ronchi B., Lacetera N., Ranieri M.S. and Berbabucci U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130:57-69.

Rosegrant M., Cai X., and Cline S. 2002. Global Water Outlook to 2020, Avertong an Impending Crisis. 2020. Vision for Food, Agriculture, and the Environment Initiative. International Food Policy Research Institute/International Water Management Institute, Washington DC, USA/Colombo, Sri Lanka.

Rueda O., Cuartas C., Naranjo J., Córdoba C., Murgueitio E. y Anzola H. 2011. Comportamiento de variables climáticas durante estaciones secas y de lluvia, bajo la influencia del ENSO 2009-2010 (El Niño) y 2010-2011 (La Niña) dentro y fuera de sistemas silvopastoriles en el Caribe seco de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 24 (3) 512.

Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., and Haan C. 2009. La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y soluciones. LEAD-FAO. Viale delle Terme di Caracalla 00153 Roma, Italia. 464 ISBN 978-92-5-305571-5.

SEMARNAT-INE. 2006. México, Tercera Comunicación nacional ante la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México, DF, 210 p.

Calentamiento global y su impacto en la producción animal

(Ganado vacuno lechero)

Dr. Arturo Curiel Ballesteros

Profesor Investigador del Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas de la Universidad de Guadalajara y Coordinador de la estrategia de adaptación en el Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático para Jalisco (PEACC-Jalisco).

Este trabajo parte de reconocer, desde la visión de la adaptación al cambio climático, el calentamiento del planeta como variable independiente y como variable dependiente, la producción de alimentos de origen animal, en particular, la producción de leche.

Con frecuencia, el abordaje de adaptación parte de una evaluación del impacto que ha tenido en un determinado sitio el calentamiento global desde una perspectiva de riesgo.

El análisis de riesgo reconoce las amenazas que se presentan en secuencia a partir de la presencia de una condición atípica, en este caso el calentamiento de la Tierra, que se problematiza como una amenaza con múltiples expresiones: frecuencia e intensidad de temperaturas máximas extremas, olas de calor, incremento del calor durante el invierno (noches menos frías), estrés calórico, sequía, inundaciones y enfermedades transmitidas por vectores e infecciones que están ocasionando desastres en todo el mundo.

Haciendo un balance de los últimos 112 años en el contexto mundial, el mayor sufrimiento para los seres humanos se ha presentado a través de tres mayores desastres: sequías, epidemias e inundaciones, que han cobrado el mayor daño a la salud, con la adición de las olas de calor, que se suman como nuevo desastre en el presente siglo, ya que el 80% de todas las muertes por esta causa, se han presentado de 2003 a la fecha. En resumen, mueren siete veces más personas por desastres hidrometeorológicos que por fuerzas geológicas (sismos, tsunamis y erupciones volcánicas).

Y es que la temperatura tiene un efecto universal en la vida. Todos los procesos de la vida dependen de reacciones químicas que en buena parte se deben a la temperatura, de eso se ha venido hablando desde que Svante Arrhenius en 1889 estudió la cinética

térmica y cómo las reacciones químicas aumentan de forma exponencial con un incremento en la temperatura, además que Arrhenius, fue el primer investigador que constató el efecto invernadero (aumento de la temperatura de la atmósfera debido al aumento en la concentración de dióxido de carbono).

En términos de exposición al calentamiento, un referente puede ser la temperatura a la que se exponen los organismos, por ejemplo, el rango de la llamada zona termoneutral, donde se encuentra la temperatura de confort y una franja de calor y frío que no afecta la salud de los organismos. Para los seres humanos esta zona es de 24 a 31 °C, pero los que tienen un valor termoneutral mas sensible, son las vacas lecheras, que tienen un rango de 5 a 16 °C (Gordon, 2005). De esta forma, se podría considerar el ganado vacuno lechero como un indicador de cambio climático por su sensibilidad al calentamiento, y es que la cantidad de calor corporal que las vacas lecheras de alto rendimiento producen, es útil en climas fríos, pero es una severa carga durante tiempos cálidos (West, 1987).

Se considera que para las vacas lecheras se comienzan a observar efectos a partir de ser expuestas a temperaturas mayores a 26°C, donde comienza a comer menos. A partir de los 32°C la producción disminuye un 20% y la tasa de concepción también disminuye. Se estima que cuando llega a 37°C, el daño será de peligro cuando el % de humedad es menor al 50%, pero será letal cuando la humedad es mayor al 80% (Adams e Ishler, 1996). El calentamiento será fatal para ganado bovino a partir de 46.7°C con menos de 50% de humedad relativa (Armstrong, 1994).

El riesgo de muerte para vacas expuestas a altas temperaturas es particularmente alto cuando existe poca o nula recuperación durante el periodo nocturno del día (Hahn y Mader, 1997). Este fenómeno de aumento de temperaturas, disminuyendo las noches frías, se está presentando en una amplia zona del Pacífico mexicano.

La producción de leche conduce a la producción de calor metabólico debido a la metabolización de grandes cantidades de nutrimentos. Lo que hace que las vacas más productivas sean más vulnerables al estrés calórico que las menos productivas (Kadzere et al, 2002).

El estrés por calor es uno de los principales problemas que enfrenta el ganado. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) publicó los Índices Bioclimáticos y Confort Ambiental para Ganado, donde presenta el Índice THI (índice temperatura humedad). Un THI que excede 72 es suficiente para causar tensiones calóricas, que aunque pueden ser menores, alcanzan y provocan una reducción en la ingesta de alimento de las vacas; en el estado de Jalisco, estos valores se presentan todo el año en la costa, principalmente en los territorios donde ha existido una mayor deforestación y se ha abatido el servicio de regulación de los ecosistemas. En el mes de mayo, esta condición se presenta prácticamente en todas las regiones del estado de Jalisco, excepto la región Altos Norte, pero en los meses de julio a septiembre, todo el estado está en esta condición de riesgo. Los datos anteriores son para periodos diurnos de temperatura. Para temperaturas nocturnas, el riesgo se concentra en la región costa para los meses de junio a octubre (Ruiz, Flores y Manríquez, 2011).

Otro elemento de análisis en el marco del calentamiento global es la baja producción de alimento para el ganado por disponibilidad de agua, donde en los escenarios del país, se proyecta una reducción de 10% anual en la disponibilidad de agua bajo escenario de cambio climático al 2030, respecto de 2000 donde el mayor cambio negativo se dará en la zona del Pacífico.

Las vacas lecheras, son también las que demandan mayor cantidad de agua de consumo de todas las especies animales que nos alimentan, siendo 2,056 m³/cabeza/año (Mekonnen y Hoekstra, 2012), lo que la hace más vulnerable a las condiciones de sequía. El problema de sequía ya está presente en el país, como la presentada en 2011 que afectó a 2.5 millones de personas en el país y ocasionó una gran pérdida a la ganadería de México.

Con base en la información aquí presentada, resulta de gran importancia implementar un monitoreo al ganado vacuno lechero en el país, como indicador de cambio climático.

Bibliografía

- Adams, R. S. y V. A. Ishler (1996) *Reducing heat stress on dairy cows*. Pennsylvania: College of Agricultural Sciences – Cooperative Extension Penn State.
- Armstrong, D. V. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science* 77 (7) 2044 – 2050.
- Gordon, C.J. (2005) *Temperature and Toxicology; An integrative, Comparative, and Environmental Approach*. Florida: CRC Press
- Hahn G. L. y T. L. Mader (1997). Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. *Proceedings, 5th International Livestock Environment Symposium*, pp 563–571. ASAE SP01-97. **St. Joseph**: American Society Agricultural Engineers.
- Kadzere, C.T., M.R. Murphy, N. Silanikove y E. Maltz. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 77 (2002) 59-91.
- Mekonnen, M. M. y A. Y. Hoekstra. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems* 15(3): 401–415.
- Ruiz Corral, J.A., H. E. Flores López y J.D. Manríquez Olmos. (2011). Índices Bioclimáticos y Confort Animal para Ganado en Jalisco, México. Guadalajara: INIFAP-CIRPAC.
- West, J.W. (1987). *Managing & Feeding Lactating Dairy Cows in Hot Weather*. Georgia: University of Georgia.

Cambio climático y bienestar animal en bovinos de engorda en corral: El uso de la sombra

Rubén Barajas Cruz

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Universidad Autónoma de Sinaloa

rubar@uas.uasnet.mx

Introducción

El cambio climático que afecta a nuestro planeta, permite prever que las condiciones medioambientales que enfrentarán los bovinos en engorda en lo que resta del siglo serán de un aumento en la temperatura, acompañado de una disminución en la disponibilidad de agua en varias regiones en las que actualmente se aglutinan la mayoría de los bovinos en engorda intensiva.

El aumento gradual en la temperatura, sin lugar a dudas que someterá a los bovinos engordados en confinamiento a una disminución en sus condiciones de confort y a un incremento en el riesgo de sufrir estrés por calor, se conoce que la exposición de los bovinos a temperaturas elevadas disminuye su respuesta productiva (Armstrong *et al.*, 1986).

Entre varias medidas que se han propuesto para disminuir el impacto del estrés por calor en la productividad de los bovinos en engorda (Morrison, 1983; Beede *et al.*, 1986), desde hace tiempo el uso de la sombra en el corral ha sido recomendado como una medida protectora para los bovinos en climas cálidos (Ittner y Kelly, 1951; Garrett *et al.*,

1960), aunque su utilidad en climas templados ha sido cuestionada (Bond y Laster, 1975; Mader *et al.*, 1999). Este trabajo se orienta a revisar de manera breve el uso de la sombra

dentro del corral de engorda, como una estrategia que puede contribuir a mejorar el bienestar de los bovinos y concomitantemente su productividad, como una alternativa para enfrentar el reto de producir carne en las condiciones de mayor calor ambiental que seguramente predominarán en el plantea a medida que avance el siglo XXI.

El Estrés calórico y la Fisiología de los bovinos

Cuando la temperatura del aire es menor que la del animal, el calor corporal puede pasar al aire por la piel utilizándola como un radiador, sin embargo a medida que la temperatura aumenta hasta rebasar entre 25 y 27 °C, los bovinos quedan fuera de su temperatura de confort (NRC, 1981; NRC, 1984) y tienen problemas para deshacerse del exceso de calor, condición a la que se llama estrés por calor. La exposición de los bovinos a temperaturas elevadas disminuye su respuesta productiva (Armstrong *et al.*, 1986).

El animal requiere mantener su temperatura corporal dentro de un límite determinado para desarrollar apropiadamente sus funciones, lo que se dificulta cuando el medio ambiente es caluroso. Los efectos del calor en la temperatura del cuerpo están determinados por varios factores climáticos como son la temperatura del aire, la velocidad del aire, la humedad relativa; pero también intervienen la exposición al sol, la disponibilidad de agua y el tipo de alimentación (Finch, 1986).

Cuando la temperatura ambiental es alta, la evaporación es el principal mecanismo con que cuentan los animales para disipar el exceso de calor (Blackshaw y Blackshaw, 1994); por lo que la capacidad para producir sudor y a través de él, pasar el calor al aire se vuelve un factor de importancia. Los bovinos dependen en mayor medida de la sudoración (84%) que del jadeo (16%) como rutas para eliminar el exceso de calor (Finch, 1986). El ganado Cebú tiene una mayor capacidad para producir sudor que los bovinos de razas europeas, este tipo de ganado comienza a sudar cuando la temperatura de su piel alcanza los 35 °C o la temperatura del aire es cercana a los 30 °C, en tanto que el ganado europeo comienza a sudar con ocho grados abajo de esas temperaturas (Carvalho *et al.*, 1995).

La facilidad para transferir el calor del centro del cuerpo a la piel es una primera respuesta al incremento de la temperatura del aire, el ganado Cebú lo hace con mayor facilidad que el europeo, tomando en cuenta que toda la estructura de la piel incluyendo el

pelaje de estos últimos está diseñada para mantener el calor más que para disiparlo (Turner, 1980).

El proceso de digestión y el metabolismo produce una importante cantidad de calor, por lo que se ha señalado en repetidas ocasiones, que los bovinos afectados por estrés calórico, disminuyen su consumo de alimento para generar menos calor (Morrison, 1983).

El color del pelaje tiene influencia en la cantidad de calor que el animal puede adquirir por exposición a los rayos solares; en general los animales con capa de colores claros refleja más energía y capta menos calor que los animales con capas oscuras, no hay duda que los animales con pelaje blanco son los que más fácilmente pueden sobrellevar sus funciones en climas cálidos, en tanto que los de capa negra son los menos adecuados (Blackshaw y Blackshaw, 1994). Lo largo y la forma del pelaje influyen en la posibilidad de deshacerse del calor, los pelajes cortos y tupidos permiten una mayor disipación de calor, que los pelajes largos y “alanados”. La coloración de la piel también participa en la resistencia a la exposición al sol, los animales de pieles oscuras permiten una menor penetración de la energía solar.

Cuando la humedad relativa del aire es alta también, entonces se complica más la posibilidad de deshacerse del calor, considerando que el sudor no se evapora y entonces los bovinos pueden enfrentar condiciones críticas. Los animales se paran con las patas delanteras separadas, estiran el cuello y jadean rápidamente, hasta el extremo de que el esfuerzo se aprecia en el movimiento del abdomen como un fuelle, situación nombrada como “brinco” que se acompaña con una abundante salivación. Esos signos son indicadores de que el animal está en condición crítica y en riesgo de muerte por golpe de calor (Finch, 1986). Cuando la temperatura del aire alcanza los 25 °C los bovinos están fuera de su zona de confort climático (NRC, 1981; NRC, 1984) y al rebasar los 27 °C deben ser protegidos (Ittner y Kelly, 1951; Garrett *et al.*, 1960).

Como la sensación de calor para el animal es fuertemente influida por la humedad relativa y durante el verano se conjuntan condiciones climáticas de altas temperaturas con elevada humedad relativa, además de una fuerte radiación solar con lento movimiento del aire, se ha encontrado que el Índice de Temperatura y Humedad (THI) permite calcular de manera eficiente el impacto de las condiciones del ambiente en el estrés por calor de los

animales (Mader *et al.*, 2006). El Índice de Seguridad Climática para el Ganado (LWSI; LCI, 1970), se expresa en cuatro categorías relacionadas con el valor de THI: Normal cuando el THI es menor de 74; Alerta cuando el THI está entre 75 y 78; Peligro con valores de THI entre 79 y 83; y finalmente Emergencia cuando los valores de THI son de 84 o mayores. El THI se puede calcular fácilmente a partir de los valores de temperatura y humedad con la fórmula propuesta por Mader *et al.*, (2006):

$$\text{THI} = [0.8 \times \text{Temperatura ambiente}] + [(\% \text{ de Humedad relativa}/100) \times (\text{Temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$$

La Sombra en el corral de engorda

Con base en los resultados de investigaciones conducidas bajo las condiciones climáticas de Nebraska (USDA, ARS, Meat Animal Research Center, Clay Center, NE), algunos autores concluyen que no resultaron beneficios en la ganancia diaria de peso ni en la eficiencia de la utilización del alimento debido al uso de sombras (Bond y Laster, 1975), y que una vez que el ganado se aclimata al calor, no hay beneficio con el uso de sombras (Mader *et al.*, 1999); por lo que la recomendación resultante fue, que no es necesario invertir en la construcción de sombras en los corrales de engorda y como consecuencia de ello, millones de cabezas de ganado que se engordan en algunas regiones de Estados Unidos y otras partes del mundo actualmente están desprovistos de sombra.

Sin embargo, la sombra es el medio más recomendado para ayudar a los bovinos a enfrentar el estrés por calor; cuando la temperatura alcanza temperaturas entre 26.6 °C y 29.5 °C el ganado debe ser protegido con sombra (Ittner y Kelly, 1951; Garrett *et al.*, 1960).

El calor y la sombra en la frecuencia respiratoria

Nuevamente con resultados obtenidos en Nebraska (USDA, ARS, Meat Animal Research Center, Clay Center, NE), a partir de mediciones realizadas en novillos colocados en el interior de cámaras térmicas, se estimó que por cada aumento en 1 °C de

la temperatura del aire por encima de los 27 °C, se incrementa en 4.3 el número de respiraciones por minuto en los bovinos (Hahn, 1999).

En el desierto del sur de California, Garret *et al.*, (1960) encontraron que en novillos de engorda a los que se les proporcionó sombra en comparación con sus testigos que no fueron protegidos con ella, la sombra indujo una disminución de 41.6 a 40.2 °C en la temperatura rectal y una reducción de 165 a 133 respiraciones por minuto, en el mismo experimento el ventilar con abanicos o el uso combinado de abanicos y sombra produjo resultados similares a proporcionar únicamente sombra. En Sinaloa, Barajas *et al.*, (2011) encontraron que el uso de sombra durante el verano disminuyó de 82.7 a 64 las respiraciones por minuto de toretes en engorda y disminuyó de 25.5 a 21.2 L el consumo diario de agua. En el mismo trabajo, con base en 240 observaciones dentro del corral, utilizando procedimientos de regresión múltiple obtuvieron una ecuación ($R = 0.66$; $P < 0.00001$) con la que calcularon, que por cada incremento en 1 °C de la temperatura del aire por encima de los 27 °C se incrementa en 4.4 las respiraciones por minuto de los bovinos y que el proporcionar sombra disminuye en 14.6 las respiraciones por minuto de los bovinos; de los resultados publicados se deriva que la sombra en corral permite mejorar de alguna manera las condiciones de bienestar de los bovinos en engorda intensiva sujetos a condiciones calurosas.

La sombra en la respuesta productiva

En el calor seco del sur de California, novillos Hereford engordados en corrales con sombra ganaron 21% más peso que los que recibieron permanentemente los rayos del sol; el uso de abanicos no mejoró la respuesta (Garret *et al.*, 1960).

En Texas, entre los meses de junio a octubre, el uso de sombra en el corral mejoró en 13% la ganancia de peso de vaquillas en engorda, el rociar con agua a los animales no mejoró su respuesta (Mitlohener *et al.*, 2001). En la misma región, cuando se les proporcionaron 2.12 m² de sombra a vaquillas en engorda, éstas ganaron 6% más peso que las desprovistas de sombra (Mitlohener *et al.*, 2002).

En Australia, cuando se les proporcionaron 3.3 m² de sombra a novillos en engorda, estos presentaron una ganancia de peso 9.3% mayor que los desprovistos de sombra, el consumo de alimento y la conversión alimenticia también se vieron favorecidos por el uso de la sombra en el corral (Gaughan *et al.*, 2010).

En varios experimentos conducidos en Sinaloa, se encontró que en los meses de julio a septiembre de 2000 y 2001 (Cuadro 3), el uso de sombra en corral de engorda mejoró en 10.5% la ganancia diaria de peso (GDP) de becerros encastados de cebú al inicio de la engorda (Barajas *et al.*, 2008); de octubre a noviembre de 2006 (Cuadro 5), la sombra aumentó en 12.4% la GDP de becerros encastados de cebú al inicio de la engorda (Barajas *et al.*, 2007); de enero a abril de 2003 (Cuadro 6), el uso de sombra incrementó en 16% la GDP de toretes cebú en finalización (Barajas *et al.*, 2004a); y en abril y mayo de 2005 (Cuadro 7), el empleo de sombras aumentó en 15.9% la GDP de toretes cebú en finalización (Barajas *et al.*, 2005).

El estrés por calor aumenta las necesidades de energía para mantenimiento (Ames *et al.*, 1980). El Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos (NRC, 1981; NRC, 1984) estiman que por cada °C que la temperatura aumenta por encima de los 20 °C, las necesidades de energía aumentan en un 0.91%. En Texas, Mitlohener *et al.*, (2001) apreciaron una mejora del 1.5% en el uso de la energía de la dieta al proporcionar sombra a vaquillas en engorda. En el desierto de Israel, Brosh *et al.*, (1998) encontraron que las vaquillas Hereford protegidos con sombra retienen 13% más de la energía consumida en el alimento, en comparación a las que no se les proporciona sombra. En Sinaloa, entre los meses de junio a septiembre, becerros encastados de cebú, alojados en corrales sin sombra, gastaron 9.2% más energía para su mantenimiento, que los becerros que estuvieron en corrales con sombra (Barajas *et al.*, 2008).

Conclusión

El proporcionar sombra dentro del corral de engorda a los bovinos que son engordados en climas cálidos permite mejorar las condiciones de bienestar de estos animales y se refleja en una mayor respuesta productiva, por lo que ante el inminente incremento en la temperatura del planeta en los años venideros, el uso de sombras puede ser una de las estrategias que permitan continuar produciendo carne de bovinos cuando el clima de las regiones templadas que actualmente alojan a la mayor cantidad de bovinos en engorda, se tornen similares a las que actualmente enfrentan las zonas cálidas.

Cuadro 1. Condiciones ambientales promedio obtenidas de la estación meteorológica

(julio a septiembre de 2000 y 2001)

Mes	Condiciones climáticas							
	Año 2000				Año 2001			
	Temperatura del aire, °C			Humedad d relativa	Temperatura del aire, °C			Humedad d relativa
	Máxima	Mínima	Media		Máxima	Mínima	Media	
Julio	37.4	23.8	30.6	62%	35.1	23.6	29.4	68%
Agosto	36.5	23.2	29.9	69%	36.4	23.2	29.8	75%
Septiembre	35.9	24.2	30.1	70%	36.3	23.7	30.0	75%
Promedio	36.6	23.7	30.2	67%	35.9	23.5	29.7	72.7%
THI ¹	81.07				81.28			

¹El índice de temperatura y humedad (THI) fue calculado con la fórmula: $THI = [0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\% \text{Humedad relativa} / 100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ (Mader *et al.*, 2006).

Barajas *et al.*, 2008 (en revisión).

Cuadro 2. Influencia de la sombra en los indicadores climáticos dentro del corral durante los meses de julio a septiembre de 2000 y 2001.

Año	2000				2001			
	Tratamiento		EEM ¹	Valor de P	Tratamiento		EEM ¹	Valor de P
	Sombra	No sombra			Sombra	No sombra		
Corrales, n	4	4			4	4		
Mañana ²								
Temperatura del aire, °C	34.3	36.2	0.23	< .01	33.6	35.5	0.21	< .01
Temperatura suelo, °C	34.8	41.9	0.54	< .01	34.1	41.1	0.51	< .01
Humedad relativa, %	69.6	67.6	0.64	< .01	74.4	71.9	0.68	< .01
THI ³	87.4	89.7	0.44	< .01	87.6	89.9	0.47	< .01
Tarde ²								
Temperatura del aire, °C	35.9	38.0	0.29	< .01	35.2	37.2	0.29	< .01
Temperatura suelo, °C	37.5	46.6	0.80	< .01	36.8	45.7	0.77	< .01
Humedad relativa, %	65.3	63.9	0.60	< .01	69.6	68.4	0.62	< .01
THI ³	88.8	91.5	0.50	< .01	89.0	91.8	0.49	< .01

¹ Error estándar de la media

² Las temperaturas de mañana y tarde fueron tomadas a las 10 am y 3 pm, respectivamente

³ El índice de temperatura y humedad (THI) fue calculado con la fórmula: $THI = [0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\% \text{Humedad relativa} / 100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ (Mader *et al.*, 2006).

Barajas *et al.*, 2008 (en revisión).

Cuadro 3. Efecto de la sombra en el corral de engorda en la respuesta productiva de los becerros durante sus primeros días en engorda, juntando los resultados de los años 2000 y 2001

Variables	Tratamientos ^{1,2}		Diferencia
	Sombra	No sombra	
Corrales, n	8	8	
Días en prueba	80	80	
Peso inicial, kg ³	206.0	207.6	
Peso final, kg ³	312.6	303.0	3.2%
Ganancia diaria de peso, kg/día	1.37	1.24	10.48%
Consumo de material seca, kg/día	8.05	8.35	3.7%
Conversión alimenticia, kg/kg	5.876	6.734	14.6%
Uso de energía neta, Observada/Esperada			
EN de mantenimiento	0.98	0.89	9.2%
EN de ganancia	0.96	0.85	11.5%

¹ Sombra mejoró la respuesta, $P < 0.05$

² No se encontró interacción de año con sombra ($P > 0.20$).

³ Se descontó un 4% del peso como llenado del tracto digestivo (NRC, 1984).

Adaptado de Barajas *et al.*, (2008) (en revisión).

Cuadro 4. Efecto de la sombra en los indicadores climáticos medidos dentro del corral en época fresca (octubre a noviembre de 2006)

Variable	Tratamientos		EEM ¹	Valor de P
	Sombra	No sombra		
Temperatura del aire, °C	31.38	32.28	0.34	0.08
Temperatura suelo, °C	31.62	33.90	0.34	< 0.01
Humedad relativa, %	41.85	38.13	1.93	0.18
THI ²	78.66	79.03	0.49	0.60

¹ Las variables medioambientales fueron medidas diariamente a las 2 pm

² El índice de temperatura y humedad (THI) fue calculado con la fórmula: $THI = [0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\% \text{ Humedad relativa} / 100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ (Mader *et al.*, 2006).

Adaptado de Barajas *et al.*, (2007).

Cuadro 5. Efecto de la sombra en la respuesta productiva de becerros al inicio de la engorda en la época fresca (octubre a noviembre de 2006)

Variables	Tratamientos		Diferencia
	Sombra	Sin sombra	
Toretas, n	30	30	
Corrales, n	6	6	
Días en prueba	28	28	
Peso inicial, kg	244.61	244.21	--
Peso final, kg	285.78	280.84	1.8%
GDP, kg/día	1.470	1.308	12.4%
Consumo de MS, kg/día	6.693	6.367	5.1%
Consumo/ganancia	4.584	4.965	7.7%
Energía Neta Observada/Esperada			
Mantenimiento	1.32	1.28	3.1%
Ganancia	1.38	1.34	3.0%

Adaptado de Barajas *et al.*, (2007).

Cuadro 6. Efecto de la sombra en el corral de engorda en la respuesta productiva de bovinos en finalización en la época fresca (enero-abril de 2003)

Variables	Tratamientos		Diferencia
	Sin sombra	Con sombra	
Corraletas, n	5	5	
Días en prueba	63	63	
Peso inicial, kg ²	367.77	372.51	-
Peso final, kg ²	461.98	482.18	4.4%
GDP, kg/d	1.502	1.742	16%
Consumo de MS, kg/d	10.413	10.141	-
Consumo/ganancia	6.94	5.84	15.8%
Peso Canal caliente, kg	294.10	310.95	5.7%
Rendimiento, %	64.52	63.92	-
Observada/esperada ENm	1.01	1.15	13.9%
Observada/esperada ENg	1.01	1.19	17.8%

Adaptado de Barajas et al. (2004)^a

Cuadro 7. Efecto de la sombra dentro del corral de engorda en la respuesta productiva de toretes en finalización (abril-mayo de 2005).

Variables	Tratamientos		Diferencia
	Sin sombra	Con sombra	
Toretos, n	28	28	
Corrales, n	4	4	
Días en prueba	52	52	
Peso inicial, kg	409.27	404.56	-
Peso final, kg	477.86	484.07	1.3%
Peso ganado, kg	68.59	79.51	15.9%
GDP, kg/día	1.319	1.529	15.9%
Consumo de MS, kg/día	8.395	8.548	-
Consumo/ganancia	6.294	5.625	10.6%
Energía Neta Observada/Esperada			
Mantenimiento	1.04	1.08	4%
Ganancia	1.05	1.10	5%

Adaptado de Barajas *et al.*, (2005).

Literatura Citada

- Ames, D. R., D. R. Brink, and C.L. Willms. 1980. Adjusting protein in feedlot diets during thermal stress. *J. Anim. Sci.* 50:1-6.
- Armstrong, D.V., F.M.E Wiersma, J.T. Huber, K.M. Marcus, and D.S. Ammon. 1986. Effect of refrigerated air conditioning and evaporative cooling on milk production. *J. Dairy Sci.* Vol. 69 (suppl. 1):161.
- Barajas, R., B.J. Cervantes, R.J. Virgilio, and P. Castro. 2004a. Effect of shade in feedlot pen on growth performance response of finishing beef cattle during the cold season in the Northwest of Mexico. *J. Anim. Sci.* Vol. 82 (Suppl. 1): 351.
- Barajas, R., B.J. Cervantes, A. Camacho, R.J. Virgilio, P. Castro, and E. Sanchez. 2004b. Effect of feeding corn silage diets on reduction of drinking water intake and growth performance of cattle in feedlot under hot humid weather in the Northwest of Mexico *J. Anim. Sci.* Vol. 82 (Suppl. 1): 352-353.
- Barajas, R., B.J. Cervantes, E.A. Velázquez, F. Juárez and J.A. Romo. 2007. Influence of shade in pen on performance of feedlot calves received during the autumn in the Northwest of Mexico. *J. Anim. Sci.* Vol. 85 (Suppl. 1):254 (abstract).
- Barajas, R., B. J. Cervantes, R. de J. Virgilio, J. C. Calderón. 2005. Efecto de la sombra dentro del corral de engorda en la respuesta productiva de toretes finalizados durante la época de calor seco en el centro de Sinaloa, México. *Memorias I Congreso Internacional de Producción Animal.* La Habana Cuba, Noviembre de 2005. 496-498.
- Barajas, R., J.A. Felix, and J.A. Romo. 2008. Effect of shade in feedlot pen on performance of growing Brahman cross bull calves exposed to high air temperature and relative humidity under dry tropic weather. *Livestock Science* (en revisión).
- Beede, D.K. and R.J. Collier. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *J. Anim. Sci.* 62:543-554.
- Blackshaw, J. K. and A.W. Blackshaw. 1994. Heat stress in cattle and effect of shade on production and behavior. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34: 285 – 295.
- Boren, F. W., E.F. Smith., T. E. Hodges, G. H. Larson and R. Cox, 1961. Shade for feedlot cattle. *Kansas Agricultural Experimental Station Technical Bulletin* No. 120.
- Brosh, A., Y. Aharoni, A. A. Degen, D. Wright, and B.A. Young. 1998. Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. *J. Anim. Sci.* 76:2671–2677.

- Carvalho, F. A., M.A. Lammoglia, M. J. Simoes, and R. D. Randel. 1995. Breed affects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. *J. Anim. Sci.* 73: 3570 – 3575.
- Finch, V.A. 1986. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *J. Anim. Sci.* 62:531-542.
- Garrett, W. N., T. E. Bond, and C. F. Kelly. 1960. Effect of air velocity on gains and physiological adjustments of Hereford steers in a high temperature environment. *J. Anim. Sci.* 19: 60-66.
- Garrett, W.N., T.E. Bond, and C.F. Kelly. 1962. Total and shaded space allotments for beef feedlots as affected by ration in a high temperature environment. *J. Anim. Sci.* 21: 794 –797.
- Gaughan, J.B., S. Bonner, I. Loxton, T.L. Mader, A. Lisle, and R. Lawrence. 2010. Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 88:1056-1067.
- Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat load. *J. Animal Sci.* Vol. 77 (Suppl 2):10-20.
- Ittner N. R. and C. F. Kelly. 1951. Cattle shades. *J. Anim. Sci.* 10:184 –194.
- Ittner, N.R., C.F. Kelly and H.R. Guilbert. 1951. Water consumption of Hereford and Brahman cattle and the effect of cooled drinking water in a hot climate. *J. Anim. Sci.* 10:742-751.
- Mader, T. L., J. M. Dahlquist, G. L. Hahn, and J. B. Gaughan. 1999. Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.* 77:2065-2072.
- Mader, T.L., M.S. Davis, and T. Brown-Brandl. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle *J. Anim. Sci.* 84:712-719.
- Mitlohener, F. M., J. L. Morrow-Tesch, S. C. Wilson, J. W. Dailey, M. L. Galyean, and J. J. McGlone. 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance and carcass traits of heat stressed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* Vol. 78 (suppl. 1):36.
- Mitlohner, F. M., M. L. Galyean, and J. J. McGlone. 2002. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 80:2043–2050.
- Morrison, S. R. 1983. Ruminant heat stress: effect on production and means of alleviation. *J. Anim. Sci.* 57: 1594–1600.

NRC.1981. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Academic Press, Washington, D.C.

NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. (6th Ed.) National Academic Press, Washington, D.C.

Turner, J.W. 1980. Genetic and Biological aspects of zebu adaptability. J. Anim. Sci. 50:1201-1205.

Efectos del estrés térmico en la reproducción de los animales domésticos y alternativas para mitigar sus efectos.

Dr. Miguel Alberto Luque Agúndes
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad Autónoma de Sinaloa

Introducción

El calentamiento global es el aumento de la temperatura media de los océanos y el aire cerca de la superficie de la tierra que se produce desde mediados del siglo XX y puede continuar en el siglo XXI. Según el Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2007), la temperatura de la superficie terrestre aumentó $0,74 \pm 0,18$ ° C durante el siglo XX (IPCC, 2007). La evolución del clima a lo largo de la historia de la Tierra ha experimentado numerosos cambios que obedecen a ciclos dinámicos naturales. Existe una tendencia a aumentar la temperatura global del planeta, con relación a lo acontecido en siglos anteriores. La mayor parte de la subida de la temperatura observada desde mediados del siglo XX ha sido causado por las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero como resultado de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la deforestación (IPCC, 2007).

Desde finales de la década de 1970 se empezaron a publicar estimaciones de la deforestación en México. El rango de estimaciones de deforestación es muy amplio y va desde 75 mil a casi dos millones de hectáreas por año (Lund **et al.**, 2002). Las estimaciones de la FAO desde los 80s han sido bastante consistentes con un rango entre 350 y 650 mil hectáreas por año. Análisis recientes estiman que en México se perdieron 29,765 km² de bosque (superficie equivalente al estado de Guanajuato) de 1976 a 1993, mientras que de 1993 a 2000 se perdieron 54,306 km² (superficie equivalente al estado de Campeche). La tasa de deforestación aumentó del primer al segundo periodo, de 175 mil hectáreas a 319 mil hectáreas anuales (Velásquez **et al.**, 2002). La FAO documentó una deforestación de 314 mil hectáreas anuales de 2000 a 2005.

La pérdida y deterioro de ecosistemas naturales se debe a muchas causas. Algunas son evidentes como la tala ilegal de bosques y selvas, el sobrepastoreo de cabras en zonas áridas, los incendios provocados y el avance de la agricultura y la ganadería. Detrás de estos factores, sin embargo, hay raíces más profundas relacionadas con aspectos históricos, culturales, sociales, económicos y políticos (WWF, México, 2007).

Existen, además, numerosos estudios realizados mediante simulación que tratan de dar información sobre la evolución futura del clima en la Tierra y prevén un mayor incremento de las temperaturas. Se han observado otros cambios en la circulación del aire atmosférico, en las precipitaciones, en el nivel del mar y en el desarrollo de glaciares (Walther *et al.*, 2002).

La mayor parte de las especies tienen asociado un rango térmico, de humedad y de radiación, relacionado con su fenología y fisiología. Además, como consecuencia del aumento de la temperatura y la variación en el reparto de las precipitaciones asociadas al Cambio Climático (CC), numerosas especies van a ver modificada su hábitat aumentando o disminuyendo su rango de distribución.

Los ambientes extremos afectan negativamente al organismo animal, repercutiendo en la expresión del potencial productivo. Los efectos del clima sobre los animales están mediados por cambios metabólicos, fisiológicos y de comportamiento, y son más o menos acentuados en función de factores como: especie, raza, edad, nivel productivo y características individuales (Johnson 1987). El frío afecta más gravemente a los animales recién nacidos, especialmente si el manejo del rebaño es deficiente, y es relativamente poco importante para los animales adultos en producción (LeDividich, 1992). El calor tiene efectos adversos en la producción de leche y la reproducción, sobre todo en los animales de mayor potencial productivo (West 2003).

El clima imperante, es el resultado de una combinación de elementos que incluyen temperatura, humedad, régimen de lluvias, movimiento del aire, radiación solar y presión barométrica. Con este conjunto de variables se definen diversas áreas y subáreas climáticas (tropical, desértica, continental, mediterránea, etc.) Dentro de un área climática existe un ambiente térmico predominante caracterizado por el valor de la temperatura

modificado por efecto de la humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar (Johnson, 1987).

La homeotermia, o mantenimiento de la temperatura corporal constante, es el resultado de equilibrar el calor producido por el organismo con la pérdida o ganancia de calor desde el ambiente que lo rodea (Blaxter 1964). Este balance se consigue a corto plazo mediante la actuación conjunta de mecanismos termorregulatorios físicos y fisiológicos, y modificaciones morfológicas y de comportamiento; a largo plazo ocurren cambios en el metabolismo energético. Si el organismo perdiera calor demasiado rápido ocurriría hipotermia. Por el contrario, el almacenamiento de calor conduciría a la hipertermia. Ninguna de ambas situaciones puede mantenerse durante demasiado tiempo (National Research Council, 1981).

A pesar de los adelantos que existen en materia de tecnologías aplicadas a la producción animal, son pocos los productores que han mostrado preocupación por mejorar las condiciones ambientales generales, sin darse cuenta que esas condiciones son en gran parte, del bienestar y desempeño reproductivo de los animales, afectando negativamente indicadores reproductivos y productivos, de tal manera que pueden aumentar considerablemente los costos de producción.

Cuando los animales se encuentran fuera de su zona de confort, se producen varios desequilibrios. Para poder mantener el equilibrio térmico, se necesita disponer de mecanismos sensibles que se pongan en marcha con rapidez, para poder equilibrar cualquier cambio en la producción de calor, mediante un cambio en la pérdida de calor o para equilibrar una pérdida mediante un ajuste similar en dirección opuesta. De las condiciones del medio ambiente, medidas de manejo y, de la habilidad que tengan las vacas para disipar el calor corporal, será el impacto potencial del llamado “síndrome del estrés térmico por calor”. La gravedad del estrés por calor no depende solamente de la temperatura, sino también de la humedad. Los ambientes saturados en humedad dificultan la eliminación de calor; a través del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) se evalúa el impacto del ambiente sobre las vacas lecheras.

El valor límite entre situaciones consideradas de estrés varía según los autores. Sin embargo, existe coincidencia en que por encima de un ITH de 72, las vacas en producción, comenzarían a sufrir estrés.

Otro dato muy importante es el número de horas diarias de estrés. Si los valores de ITH son inferiores al límite aceptado para su confort, se ve limitada la capacidad del animal para eliminar calor durante el período nocturno.

Los animales dependen principalmente de la evaporación a través del jadeo y transpiración para mantener la temperatura corporal. Asimismo, el jadeo incrementa los requerimientos energéticos de mantenimiento.

Los efectos del estrés por calor, son causados primordialmente por la temperatura ambiente aunado al calor producido por la digestión. Cuanto mayor es el nivel de producción, más sensible es el animal al estrés térmico y por lo tanto, más marcada será la disminución de su rendimiento al superar el límite superior de la zona de termo neutralidad.

Cuando se incrementa el ritmo de respiración, el ritmo de paso de alimento es más lento, hay una disminución en la ingestión de materia seca y un gran incremento de la ingestión de agua. Las vacas de más alta producción comen más, producen más calor del metabolismo de los nutrientes, por lo tanto exhiben signos de estrés de calor antes que las vacas de baja producción o secas. Por debajo de los -5°C , así como entre 21°C y 27°C la producción disminuye ligeramente, mientras que por encima de los 27°C la disminución es mucho más marcada (20% o más).

Efectos del estrés térmico en la hembra

En condiciones de estrés metabólico asociado a factores ambientales y de comportamiento, el eje hipotálamo-hipófisis-adrenocortical (HHA) estimula a la hipófisis para secretar más hormona adrenocorticotrópica (ACTH), (Matteri *et al.*, 2001). En vacas ovariectomizadas, después de la estimulación del eje HHA por un estrés agudo, aumenta la concentración de progesterona en plasma, originada a partir de la corteza adrenal (Yoshida y Nakao, 2005).

El estrés calórico retrasa el desarrollo folicular y la ovulación, lo cual puede estar relacionado con el efecto inhibitorio directo de los glucocorticoides sobre la secreción de esteroides gonadales y la sensibilidad del tejido diana a estos esteroides sexuales (Lucy, 2003). El estrés estimula el eje HHA, que a su vez modula el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal (HHG) y modifica la secreción de gonadotropinas. Esto significa que la activación del eje HHA durante estrés calórico, acarrea un antagonismo entre las hormonas de los dos ejes.

El pico preovulatorio de LH es especialmente sensible al efecto inhibitorio de la ACTH y a los glucocorticoides exógenos. La acción fisiológica de los glucocorticoides, que inhiben la secreción por la hipófisis de LH, podría ser efectuada por la modificación del *feed-back* de los esteroides gonadales, dado que los corticoides reducen el efecto estimulador de estradiol sobre la secreción de LH (Lucy, 2003). Además, se ha demostrado que los glucocorticoides pueden reducir la inflamación a través de la inhibición de la fosfolipasa A2 y la ciclooxigenasa-2 (COX- 2), mecanismos moleculares implicados en la regulación de la biosíntesis de prostaglandinas (Golppelt-Struebe, 1997). En el tejido endometrial, la COX-2, también conocida como prostaglandina G/H sintasa-2 (PGHS-2), cataliza la producción de prostaglandinas, entre ellas la prostaglandina F2 α , principal reguladora de luteólisis (Colitti, *et al.*, 2007).

Presentación y manifestación del esto

El comportamiento sexual de la hembra puede ser reducido por la exposición a una carga térmica alta. La cascada hormonal desencadenada durante el estrés, es capaz de bloquear la actividad del estradiol e inhibir la presentación de la conducta sexual. Estudios han mostrado que el estrés por transporte, produce un incremento en la presentación de ovulaciones silenciosas en ovejas, prolongando el ciclo estral y provocando alteraciones ováricas (Braden y Moule, 1964), de la misma manera que las concentraciones de cortisol. A su vez, el estrés por altas temperaturas en vacas (Bond y McDowell, 1972) y ovejas (Doney *et al.*, 1973), y por transporte en ovejas (Ehnerth y Moberg, 1991), causa las mismas alteraciones en la conducta estral, las cuales reducen la duración del esto. En la oveja, la exposición a una fuerte radiación, del día 10 al 15.5 del ciclo estral, que provoque un aumento de 1 °C de la temperatura rectal, reduce el porcentaje de hembras que presentan celo (67 vs. 96 por ciento), la duración del mismo (16.1 vs. 24.5 horas) e incrementa la duración del ciclo astral (17.0 vs. 16.4 días) (Sawyer, 1983). En la vaca

lechera, la duración del estro varía de 14-18 horas, durante la estación fría, a 8-10 horas durante la estación caliente, dificultando así la detección de los estros.

Las vacas que experimentan el estrés calórico, pueden secretar niveles muy elevados de progesterona a un grado tal, que interfiera con el pico de LH del estro con una proporción baja en la relación estradiol–progesterona del proestro (Dobson y Smith, 2000). Algunos trabajos han reportado que en vacas holstein y Jersey, ubicadas en lugares cálidos, los signos de estro solo duran entre 12 a 13 horas, mostrando una diferencia de 5 a 6 horas menos en la duración normal del estro que en lugares templados (Drost y Tatcher, 1987).

Efecto en la fertilidad

Después del comportamiento sexual, la tasa de fertilización es la que se ve afectada por el estrés térmico. El estrés calórico también se ha asociado con el aumento en el número de óvulos no fertilizados y embriones anormales. En hatos afectados por el calor se observa la falta de concepción, muertes embrionarias tardías e incluso abortos (Rebhund, 1995). Esto conduce a un mayor intervalo entre partos y a una reducción en la fertilidad. La fertilidad en vacas lactantes, varía según la estación del año. En el invierno, disminuye cerca del 50%; en el verano 20% y en el otoño es más baja que en el invierno. Unos años antes, Gilad *et al.*, (1993) indicaron que las tasas de concepción en Israel disminuyeron del 52% en el invierno al 24% en el verano. Debido al cambio en el flujo sanguíneo también va una menor cantidad de sangre al útero y al ovario, y esto compromete la llegada de hormonas al ovario. Es normal que se dañe el óvulo durante el estrés por calor, no solamente cuando se va a producir la ovulación sino que también se puede producir alteración en los folículos en formación (Roman, *et al.*, 1978). En verano, el 80% de los estros pueden ser indetectables (Ambrose *et al.*, 1999). Además, Ryan *et al.*, (1992); indican que cuando las temperaturas rectales de los animales aumentan de 38.5 a 40°C en 72 horas después del servicio o la inseminación, las tasas de preñez pueden disminuir hasta en el 50%. En Cuba, en vacas holstein, el porcentaje de ovocitos fertilizados después de una supe ovulación es más bajo en la estación caliente que en la estación templada. En las vacas que no han recibido tratamiento hormonal, la temperatura ambiente del día en que se ha practicado la inseminación artificial, o del día siguiente, presenta una correlación negativa con la tasa de fecundación. Un aumento de la temperatura uterina de 0.5 °C durante estos dos días, provoca una disminución de la tasa de fertilización. Los embriones son muy sensibles a

las altas temperaturas durante las primeras fases de su desarrollo. En los bovinos, la exposición de novillas a 32 °C durante 72 horas después de la inseminación artificial impide cualquier desarrollo embrionario, mientras que el 48% de las hembras mantenidas a 21 °C quedan preñadas. En cambio, si el estrés térmico tiene lugar después del décimo día en que se practicó la inseminación artificial, la fertilidad no se modifica. En la cerda, el período comprendido entre 2 y 16 días después de la fecundación parece ser aquel durante el cual los animales son más sensibles a las variaciones térmicas. En la oveja se identificó el mismo período (1 a 16 días) de sensibilidad; ello demuestra que es durante los estados precoces de su desarrollo -antes de su implantación-, que el embrión es sensible a un aumento de la temperatura uterina inducida por el estrés térmico (Chemineau, 1986; Folch, 1984). Esto explica que si se inseminan vacas después de haber pasado la fase crítica de estrés por calor, por ejemplo en septiembre, es probable que estos folículos estén dañados y no se consiga la fertilización. La fertilización en sí no se ve comprometida sino que la reducción en la tasa de preñez se debe a daños foliculares y la exposición de la vaca al calor, muchos óvulos fertilizados se mueren antes de llegar al útero.

Efecto en el embrión

Temperaturas extremas afectan la supervivencia del ovocito y del espermatozoide, así como el desarrollo embrionario en el aparato reproductor de la hembra. Esto ocasiona que al aumentar la temperatura corporal de las hembras, el embrión pueda perder su viabilidad y reabsorberse.

Se ha descrito que el estrés calórico afecta el desarrollo final del folículo ovulatorio y la maduración y competencia del ovocito, lo que repercute negativamente en la tasa de fertilización y en la sobrevivencia embrionaria temprana y tardía (Sartori *et al.*, 2002). No se sabe el mecanismo exacto por el cuál el estrés calórico puede afectar los folículos y los ovocitos, pero se ha descrito que se produce un daño en la comunicación entre las células de la granulosa, del cúmulo y del ovocito (Roth *et al.*, 2000; Al-Katanani *et al.*, 2002), lo cual afecta la competencia del ovocito para ser fertilizado (Sartori *et al.*, 2002; Al-Katanani *et al.*, 2002) y altera el contenido proteínico (Jordan, 2003) y la viabilidad de las células de la granulosa y de la teca interna, produciendo cambios en la esteroidogénesis.

Varios estudios (Ealy *et al.*, 1994; Ambrose *et al.*, 1999) han indicado que en el ganado bovino, el desarrollo embrionario es altamente sensible a altas temperaturas, entre los primeros tres a 11 días después del servicio; adquiriendo más tolerancia a altas temperaturas a medida que el periodo de gestación avanza. En vacas sometidas a estrés calórico severo se produce con frecuencia un desarrollo embrionario anormal que puede culminar con la muerte del embrión hacia el día 7 post- servicio.

Estudios en novillas y vacas han indicado que la disminución en la calidad del ovocito en el periodo temprano del posparto, está asociada con balance de energía negativo y las bajas condiciones corporales de los animales, lo cual se expresa en aumento de embriones subdesarrollados y anormales, teniendo como consecuencia pérdida de embriones en los meses más calurosos del año (Wolfenson *et al.*, 1997). Se sabe que los embriones obtenidos mediante fecundación *in vitro* (FIV), son más susceptibles al estrés calórico que los obtenidos en condiciones naturales. Al respecto, Ambrose *et al.* (1999); indicaron que la mayor pérdida de embriones de bovinos obtenidos de FIV, ocurren antes de los 42 días, cuando las hembras están bajo estrés calórico.

Efecto en la gestación

Al parecer, una vez implantado el embrión, éste se vuelve menos sensible a las variaciones térmicas del tracto genital, al menos hasta la mitad de la gestación, cuando el desarrollo fetal puede ser afectado nuevamente por altas temperaturas. De este modo, las ovejas puestas en cámaras calientes durante la segunda mitad de la gestación paren corderos 50% menos pesados que los nacidos de las ovejas control. La exposición a un estrés térmico durante el último mes de la gestación es suficiente para disminuir el peso al nacimiento de los corderos y de los lechones. La reducción del peso de las crías al nacimiento aumenta la tasa de mortalidad en proporciones importantes, y merma la producción de leche, probablemente por la disminución del tamaño de la placenta y de sus cotiledones (Ortavant y Loir, 1978). Los efectos más conocidos sobre la gestación son la disminución del peso del ternero al nacimiento, alteraciones en las concentraciones hormonales materno fetales y reducción en la producción de leche posparto (Cardozo y Góngora, 1999 citando a Collier *et al.*, 1982). El estrés calórico causa un descenso considerable en el flujo sanguíneo al útero, el cual está asociado con la disminución en el crecimiento fetal durante la gestación tardía y alteración de la funcionalidad de la placenta y la función endocrina. El resultado es un ternero de menor peso al nacer y alteraciones

que afectan en la vaca el desarrollo mamario, lactogénesis y producción de leche en la lactancia siguiente.

Efectos del estrés térmico en el macho

Una de las primeras características de reproducción afectadas por las altas temperaturas en el morueco es la libido. Cuando la temperatura ambiente es de 37.8 °C, la temperatura rectal de los moruecos dorset horn, border Leicester y merino, alcanza o excede los 40 °C, provocando en las dos primeras razas una disminución del número de eyaculados colectadas en 8 horas (de más de 24 a menos de 12).

El estrés ambiental puede provocar baja calidad seminal, la cual está íntimamente relacionada con la baja en la fertilidad de las hembras, debido probablemente a una combinación de bajas tasas de fertilización y de un aumento en la mortalidad embrionaria (Coubrough, 1985; Chemineau, 1993) .En los verracos, toros y moruecos, las altas temperaturas afectan la calidad del semen. Durante la segunda semana que sigue al período de estrés térmico, la motilidad del semen disminuye y el porcentaje de espermatozoides anormales, aumenta. En el morueco, 20 días después del tratamiento térmico, el número de espermatozoides disminuye. El deterioro de la calidad del semen coincide con una marcada disminución de la fertilidad de las hembras cubiertas o inseminadas artificialmente, debido probablemente a una combinación de bajas tasas de fertilización y de un incremento de la mortalidad embrionaria.

La exposición directa del testículo a temperaturas altas, provoca alteraciones en ciertas etapas críticas del ciclo espermatogénico. Este efecto, limitado solamente al proceso de elaboración de las células sexuales, y la relativa insensibilidad de los espermatozoides epididimarios, explican el largo plazo necesario para la aparición de las alteraciones en el semen eyaculado.

En el morueco, una exposición de 6 horas, a 41 °C, puede ser suficiente para inducir degeneraciones celulares durante el ciclo espermatogénico. En condiciones naturales, las altas temperaturas durante varios días consecutivos pueden producir un efecto semejante sobre la calidad del semen al que se observa después de un estrés térmico en una cámara caliente. Sin embargo, las razas tropicales son generalmente menos sensibles a las altas temperaturas que las razas templadas importadas al trópico. Contrariamente a lo

observado en estas últimas, las razas ovinas locales de la India no presentan variaciones estacionales de la calidad del semen. Los machos cabríos locales, de la raza criolla de Guadalupe, son insensibles a la exposición permanente al sol tropical, y la cantidad y calidad del semen se mantienen inalteradas (Chemineau, 1986). En España, los moruecos de la raza rasa aragonesa, presentan una mejor calidad del semen que los moruecos Romanov (Folch, 1984).

Estudios realizados por Rutledge (2001), sugieren que el efecto del estrés térmico sobre la calidad de los espermatozoides, puede reducirse con la puesta en marcha de la tecnología de la congelación seminal; sin embargo, el útero, puede presentar estrés térmico para los espermatozoides. La duración y la intensidad de la exposición al estrés térmico determinan el retorno a una calidad normal del semen que toma de 40 a 60 días (Ortavant y Loir, 1978).

Alternativas para minimizar el efecto del estrés térmico

Salvador, 2011, Araujo, 2011 y González 2011, declaran la importancia de reducir los efectos negativos en la producción y reproducción, que son causados por el estrés calórico en el ganado bovino, han preocupado a productores, técnicos e investigadores, buscando alternativas para mitigarlos.

En las condiciones tropicales de nuestro país, los efectos negativos reportados no solo se mantienen sino que pueden ser potencialmente mayores e incuestionables. Solo conviene señalar que cualquier medida para mitigar los efectos señalados debe ser económicamente justificable.

En el punto anterior se habla de la zona de confort donde los animales no tienen que activar sus mecanismos de termorregulación, pero en áreas cálidas como en el trópico donde la temperatura promedio es de 27-28°C, el animal tiene que disipar calor activando mecanismos como son: **1. Radiación:** está en relación con la superficie del animal y depende de la postura del animal; si está encogido, pierde menos calor que si está estirado. Este mecanismo no es muy importante. **2. Convección:** se transmite el calor a otro cuerpo distante sin necesidad de calentar el medio que los separa; también depende de la postura del animal y la velocidad del aire. **3. Conducción:** aquí hay pérdida de calor al entrar en contacto la superficie del animal con una superficie fría

dependiendo entonces del área de contacto del animal, la diferencia entre temperaturas y el tiempo que está el animal en contacto. **4. Evaporación:** potencialmente, la evaporación del agua es el medio más importante de disipación térmica. A 33°C un gramo de agua, gasta al evaporarse aproximadamente 580 calorías. La evaporación del agua desde la piel y la superficie respiratoria da cuenta de la mayor parte del calor perdido por el animal.

Los principales mecanismos usados por los bovinos para mantener un balance térmico en condiciones de estrés calórico son: la polipnea, mediante la cual la disipación térmica aumenta al incrementar la vaporización de la humedad de las vías respiratorias, la trasudación térmica de la humedad a través de la piel y la reducción de la producción térmica mediante la anorexia voluntaria.

Para tener un manejo eficiente en condiciones de áreas cálidas, se debe garantizar a los animales instalaciones adecuadas para facilitar que los mecanismos de disipación térmica funcionen.

La primera recomendación que se puede tener en cuenta, es la selección de la raza y sus cruces, de manera que estas sean genéticamente adaptadas a las difíciles condiciones de calor y humedad del clima tropical. Por esta razón la gran mayoría de ganaderos prefieren las razas cebuínas y en menor proporción por su escasa disponibilidad las razas criollas, siendo las primeras de la especie *Bos indicus* y las segundas, de la *Bos taurus*, porque han demostrado su capacidad de adaptación al ambiente tropical. Un criterio de selección es el de cruzamiento entre animales de especies *Bos taurus X Bos indicus*, con la consiguiente manifestación del vigor híbrido aparte de que tienen producciones satisfactorias al adaptarse al ambiente tropical, en el que se encuentra el animal.

Una vez definido el animal ideal, ya sea productor de leche o de carne, el cruzamiento entre animales mestizos con características fenotípicas y genotípicas necesarias para producir eficientemente bajo el efecto de ambiente con altas temperaturas, es la mejor opción; y más, con la posibilidad actual de utilizar toros mestizos probados.

El siguiente paso como criterio de selección, es hacerlo con base en características fenotípicas, dentro del patrón de mestizaje, como son:

1. Seleccionar animales de elevada amplitud torácica, que permite una capacidad respiratoria elevada lo cual va a permitir una elevada evaporación que es el principal método de disipación calórica de los bovinos.

2. Seleccionar animales de elevada amplitud abdominal, que permite una mayor acción digestiva, con la cual se favorece el consumo de grandes cantidades de forrajes, que generan gran cantidad de calor al ser digeridos.

3. Seleccionar animales de piel pigmentada, pero de pelaje claro, ya que éstos están más protegidos de los rayos ultravioletas dañinos del sol, en comparación con los no pigmentados; además, los animales de pelaje claro, absorben menos radiaciones ultravioletas.

La segunda recomendación, aceptando su justificación económica, está integrada por una serie de medidas destinadas a mejorar las condiciones ambientales en que se encuentran los bovinos.

Sombras

La recomendación más efectiva, la más económica y la más sostenible ambientalmente, es proporcionar sombra natural a los animales, mediante el uso de árboles en los potreros. Es el modelo de ganadería silvopastoril. Los árboles combinan la protección del sol con el efecto de disminuir la radiación creada por la humedad evaporada de las hojas frescas.

Las sombras surgen como una alternativa para proteger los animales de la radiación solar y se consideran la modificación básica y más importante de las condiciones ambientales para disminuir el efecto del calor por radiación. Asegurar sombra a los animales, puesto que un m² de superficie recibe 663 kcal/hora de los cuales 50%, provienen directamente del sol, 43% provienen del reflejo del suelo y 7% provienen del horizonte (calor que recibe el animal del medio ambiente que lo rodea). Si se proporciona techo para producir sombra, se controlan las radiaciones que provienen directamente del sol y las que refleja el suelo.

La otra opción, menos recomendable por su costo y durabilidad, es usar sombras artificiales. Sin embargo, es común su utilización en las zonas subtropicales y templadas. El uso de materiales como madera, aluminio, teja o malla - sombra son efectivos. La cantidad de sombra recomendada para cada vaca lechera, es de 3.3 y 4.4 m² (Yabuta, 2001). Es importante que el techo esté a 4 m en su parte más baja, y con caballete, para permitir el movimiento del aire, sobre todo en las instalaciones donde se agrupan a los animales con fines de manejo, como son las áreas de ordeño, etc. Si el movimiento del aire es menor de 10 km/hora no se remueve el aire alrededor del animal y se produce la crisis térmica; lo ideal está entre 10-30 km/hora.

Enfriamiento artificial y ventilación forzada

Otras medidas, de poca utilización en nuestro medio, son el enfriamiento artificial de establos y corrales y la ventilación forzada. El enfriamiento de las vacas por aspersión de agua en climas cálidos, reduce efectivamente los incrementos de temperatura corporal. En verano, la evaporación se convierte en el mecanismo principal de disipación de calor pero la humedad alta reduce su eficiencia.

El mecanismo recomendado es la ventilación forzada, que se usa comúnmente. Los ventiladores son montados a 2,75 a 3,0 metros de altura con ángulos de 30 grados de la vertical, ocupando un espacio de cerca de 2 metros (diámetro de 0,61 a 0,91) cada 6 metros de longitud. Se calcula un flujo de aire de 28 metros cúbicos por vaca. El número de ventiladores a colocar, dependerá del tamaño de los mismos (capacidad de extracción de aire) que es medida en cfm (cubic feet per minute) y el número de vacas por m². Así, si se usan ventiladores de 30 - 36" (capaces de mover de 10,000 a 12,000 cfm) se necesitará 1 por cada 10 vacas, y si se usan de 48" (mueven 20,000 cfm) se necesita 1 por cada 20 vacas (Harmer *et al.*, 2000).

Uno de los métodos más eficaces para disminuir la temperatura corporal de los bovinos es el de utilizar baños en combinación con ventilación forzada. El baño debe ser de gota gruesa y debe mojar completamente la piel del bovino, pues cuando se utiliza la nebulización con micro gotas, éstas forman una capa alrededor del pelo del animal y se dificulta la evaporación y disminución de calor, siendo entonces el efecto contrario al esperado. La ventilación no "refresca" al animal sino que lo seca, por lo cual favorece la evotranspiración a través de la piel.

En los países subtropicales se recomienda el asperjado de agua ya sea alternado con 7.5 litros cada 30 segundos con intervalos de 2.5-3.0 horas o flujo continuo con una línea de aspersión de 2.8 litros por minuto (Armstrong, 1994). Cálculos realizados (Flamembaun, 1998), indican que el sistema de enfriamiento para 500 vacas se paga con 0.8 kilos de leche diarios por vaca durante 150 días.

Manejo de la alimentación

En cuanto al manejo del rebaño en áreas cálidas es simple pero riguroso; se deben usar las horas más frescas para el ordeño y para que los animales pastoreen, pues si el ordeño empieza tarde, los animales salen a pastorear a las horas más calurosas y activan sus mecanismos de termorregulación como es la anorexia voluntaria. Las vacas tienden a comer las dos terceras partes del consumo total en las horas más frescas del día (Hall, 2000).

En el caso de animales estabulados donde hay que suministrarles su alimento, es preferible dividir la ración total en el mayor número de veces al día, lógicamente esto aumenta el manejo, tiempo y personal que se necesita para esta tarea, pero repercute en un mejor aprovechamiento de la ración, el animal no desperdicia tanto, ya que cuando se le suministra de una sola vez una gran cantidad de pasto picado o ensilado, la temperatura aumenta en el fondo del montón, lo cual hace que el animal lo rechace. Por supuesto una fuente adecuada de agua fresca y limpia, es necesaria. Todos los potreros y corrales deben tener bebederos con tamaño y agua suficiente para que el 20% de los animales del rebaño beban al mismo tiempo. Además es conveniente aumentar a 1.5% el potasio, 0.4% el sodio, 0.5% el magnesio y 0.75% de bicarbonato de sodio en la ración total ya que estos minerales se pierden con mayor facilidad en caso de estrés calórico (Hall, 2000).

Conclusión

Debido a las actividades humanas la emisión de gases de efecto invernadero va en aumento y está propiciando el calentamiento global; ocasionando con ello que los animales sufran cada vez más, para logra su termorregulación, ocasionándole el estrés térmico. El estrés térmico desencadena alteraciones agudas y crónicas en concentraciones plasmáticas de cortisol y hormonas tiroideas; además, puede provocar alteraciones en las reacciones fisiológicas y en el comportamiento de los animales.

Factores como el medio ambiente cambiante, el ruido y la alta densidad animal, son causantes de estrés, y desencadenan serios problemas reproductivos tanto en la hembra como en el macho, que influyen en la disminución de fertilidad, en la alteración del desarrollo folicular y en los ovocitos, lo cual afecta el potencial para desarrollar un embrión viable; así como la libido y la calidad espermática.

Se debe tener mayor conciencia de los efectos fisiológicos del estrés por calor y de los graves impactos negativos que se tiene en la producción y reproducción de los animales domésticos y por ende, en la productividad y rentabilidad. Por lo que es necesario cambiar las formas de uso de los recursos naturales renovables y no renovables del planeta.

Bibliografía

- Al-Katanani YM, Paula-Lopes FF, Hansen PJ. 2002. Effect of season and exposure to heat stress on oocyte competence in Holstein cows. *J Dairy Sci*; 85:390-6.
- Ambrose, J.D., Drost, M., Monson, R. L., Rutledge, J. J. Leibfried- Rutledge, M. L., Thatch, E. R. M. J., Kassa, T., Binelli, M., Hansen, P. J., Chenoweth, P. J., Thatcher, W. W. 1999. Efficacy of timed embryo transfer with fresh and frozen in vitro produced embryos to increase pregnancy rates in heat-stressed dairy cattle. *J Dairy Sci*. 82 (11): 2369-2376.
- Araujo, R. 2011. Stress calórico en vacas lecheras. <http://www.engormix.com/MA-ganaderia>. consultado el 20 mayo 2012.
- Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J Dairy Sci* 77: 2044-2050.
- Avendaño, L. 2000. Modificaciones ambientales para reducir el estrés calórico en ganado lechero. Universidad Autónoma de Baja California.
- Blaxter, K.L.1964. Metabolismo energético de los rumiantes. Zaragoza: Acribia, 314 P.
- Bond J, McDowell R. 1972. Reproductive performance and physiological responses of beef females as affected by a prolonged high environmental temperature. *J Anim Sci* 4: 320-9.
- Braden A, Moule G.1964. Effects of stress on ovarian morphology and oestrus cycles in ewes. *Aust J Agr Res*; 15:937-49.
- Cardozo J y Góngora A.1999. Mecanismos del estrés y efectos sobre la reproducción.

- Chemineau, P. 1986. Influence de la saison sur l'activité sexuelle du cabri creole mâle et femelle. Tesis de doctorado, Univ. des Sci. et Tech. du Languedoc, Montpellier, 132 págs.
- Colitti M, Sgorlon S, Stradaioli G, Farinacci M, Gabai G, Stefanon B. 2007. Grape polyphenols affect mRNA expression of PGHS-2, TIS11b and FOXO3 in endometrium of heifers under ACTH-induced stress. *Theriog*; 68:1022-30.
- Collier RJ, Beede DK, Thatcher WW. 1982. Influence of environment and its modification on dairy animal health and production. *J Dairy Sci*;65:2213-27.
- Cordova, I. M. 2011. Bienestar y reproducción animal CuencaRural_com.mht. consultado el 15 de mayo de 2012.
- Coubrough, R. I. 1985. Stress and fertility". A review. *Onderstepoort J Vet Res.* 52 (3):153-6. Review.
- Dobson, H. Smith, R. 2000. What is stress and how does it effect reproduction? *Animal Reproduction Science.* 60-61, 35:381-384.
- Doney JM, Gunn RG, Griffiths JG. 1973. The effect of pre mating stress on the onset of oestrus and on ovulation rate in Scottish Blackface ewes. *J Reprod Fertil*; 35:381-4.
- Drost, M., Tatcher, W. 1987. Heat stress in dairy cows its effect on reproduction on reproduction. *Veterinary Clinics on North America: Food Animal Practice Vol 3:3* 609-618
- Ealy, A. D., Arechiga, C. F., Bray. D. R., Risco, C. A., Hansen, P. J. 1994. Effectiveness of short-term cooling and vitamin E for alleviation of infertility induced by heat stress in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77 (12): 3601-7.
- Ehnert K, Moberg GP. 1991. Disruption of estrous behavior in ewes by dexamethasone or management related stress. *J Anim Sci*;69:2988-94.
- Flemenbaum, I. 1998. Manejo de ganado lechero en climas cálidos. Curso Internacional de Ganadería Lechera intensiva en diferentes condiciones de producción. CINADCO. Israel.
- Folch, J. 1984. The influence of age, photoperiodism and temperature on semen production of rams. En *The male in farm animal reproduction*. Ed. M. Courot, Publ. Martinus Nijhoff. Boston, 141-160.
- Gilad, E., Meidan, R., Berman, A., Graber, Y., Wolfenson, D. 1993. Effect of heat stress on tonic and GnRH-induced gonadotrophin secretion in relation to concentration of oestradiol in plasma of cyclic cows. *J. Reprod. Fertil.* 99 (2): 315-21.

- Goppelt-Struebe M.1997. Molecular mechanisms involved in the regulation of prostaglandin biosynthesis by glucocorticoids. *Biochem Pharmacol*; 53(10):1389-95.
- Hall, M. 2000. Meet the challenges of heat stress feeding. *Howard`s Dairyman*. May. 2000. pp 344.
- Harmer, J., J. Smith, M. Brouk y P. Murphy. 2000. Reducing heat stress in holding pens. *Howard`s Dairyman*. May. 2000. pp 66.
- Hoare, A. 2005. Irrational numbers: Why the FAO`s forest assessments are misleading. A report by the Rainforest Foundation UK, Norway and US, 23 pp.
- IPCC, 2007: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- Johnson, H.D.1987. Bioclimates and livestock. In: H.D. Johnson (ed.) *Bioclimatology and the adaptation of livestock*. St. Louis MO: Elsevier, P. 3-15.
- Jordan ER. 2003. Effects of heat stress on reproduction. *J Dairy Sci*;86:104-14.
- LeDividich, J., Herpin, P., Geraert, P.A., Vermorel, M. Cold stress. In: C. Phillips and D. Piggins (eds.) *Farm animals and the environment*. Wallingford: CAB International. 1992. P. 3-26
- Lucy MC. 2003. Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reproduction* 2003; (Suppl 61):415-27.
- Lund, H.G., V. Torres, A. Turner y L. Wood.2002. México. Análisis crítico de los estimados disponibles de deforestación.USAID. SEMARNAT.
- Matteri RL, Carroll JA, Dyer CJ. 2001. Neuroendocrine response to stress. In: Moberg GP, Mench JA, editors. *The biology of animal stress. Basic principles and implications for animal welfare*. New York: CABI Publishing, p. 43-76.
- National Research Council.1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. Washington, DC: National Academy Press, 152 P.

Ortavant, R. y Loir, M. 1978. The environment as a factor in reproduction in farm animals. *4th World Cong. of Anim Prod.*, Buenos Aires, 20-26 de abril, Vol. 1, 423-451.

Roman-Ponce H, Thatcher WW, Canton D, Barron DH, Wilcox CJ.1978. Thermal stress effects on uterine blood flow in dairy cows. *J Anim Sci*;46:175-80.

Roth Z, Meidan R, Braw-Tal R, Wolfenson D. 2000. Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *J Reprod Fertil*, 120:83-90.

Rutledge, J. J. 2001. Use of embryo transfer and IVF to bypass effects of heat stress. *Theriogenology*. 55 (1): 105-11.

Ryan, D. P., Blakewood, E. G., Lynn, J. W., Munyakazi, L., Godke, R. A. 1992 . Effect of heat-stress on bovine embryo development in vitro. *J. Anim. Sci.* 70 (11): 3490-7.

Salvador, A. 2011. Estrategias para minimizar el efecto del estrés calórico en vacas lecheras. <http://www.dpa.com.ve/documentos/CD1/page12.html>. consultado el 15 de mayo de 2012.

Sartori S, Sartor-Bergfelt R, Mertens SA, Guenther JN, Parrish JJ, Wiltbank MC.2002. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J Dairy Sci*;85:2803-12.

Sawyer, GJ. 1983. *The influence of radiant heat load on reproduction in the Merino ewe*. Les Colloques de l'INRA, N° 20, Ed. INRA Publ., Paris, 225-235.

Velásquez, A., J.F. Mas, J.R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P.C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J.L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta* 62. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT, México pp. 21-37

West, J.W. 2003. Effect of heat stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* Vol. 86. P. 2131-2144

Wolfenson, D., Lew, B.J., Thatcher, W. W. Graber, Y., Meidan, R. 1997. Seasonal and acute heat stress effects on steroid production by dominant follicles in cows. *Anim. Reprod. Sci.* 47 (1-2): 9-19.

WWF, México, 2007. Deforestación en México. www.wwf.org.mx/wwfmex/prog_bosques_deforestacion.php. consultado 21 de mayo de 2012.

Yabuta, Osorio A K. 2001. El estrés calórico en ganado lechero. México.

Yoshida C, Nakao T. 2005. Response of plasma cortisol and progesterone after ACTH challenge in ovariectomized lactating dairy cows. J Reprod Dev 2005;51:99-107.

Impacto del cambio climático en la reproducción de los bovinos.

MVZ EPAB Evaristo Sánchez González FMVZ-UAS

Camille Pamersan investigadora de la Universidad de Texas, ha concluido que los animales y plantas tienden a ocupar territorios y latitudes más altas, donde la temperatura ambiente tiene menos variación.

Terry L. Rott y colaboradores, de la Universidad de Stanford, han concluido en diversos estudios, que hay un impacto significativo del calentamiento global, en las poblaciones de plantas y animales.

En estos estudios los investigadores han encontrado, cambios en morfología y comportamiento animal, así como alteraciones temporales en procesos como la reproducción.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC), ha predicho que el aumento de la temperatura ambiente promedio en el mundo será de 6 °C, para el año 2100.

La temperatura del aire, humedad relativa, radiación neta y movimiento del aire, forman el grupo de los elementos térmicos. Los climas tropicales y subtropicales del mundo se caracterizan por presentar varios meses del año, valores altos de estos elementos térmicos.

Stott demostró el efecto de las altas temperaturas sobre la fertilidad de las vacas lecheras, inseminadas en dos regiones diferentes (Palo Alto, California y Phoenix, Arizona) y en la misma estación del año (verano).

En Culiacán Sinaloa, se reportó en un hato de 600 vacas lecheras, disminución de la fertilidad cuando el índice de temperatura humedad (ITH) aumento.

Marchang encontró que la duración del ciclo estral en las vacas es mayor y que el periodo e intensidad del estro es menor, en condiciones de clima caluroso.

La temperatura ambiental elevada un día después de la inseminación, y la radiación solar alta el mismo día de la inseminación, presenta una relación curvilínea negativa en el porcentaje de concepción; de manera que, cuando la temperatura aumentó de 21 a 35 °C, el porcentaje de preñez, usando inseminación artificial, disminuyó de 40 a 31%; esto mismo sucedió cuando la radiación solar aumentó de 300 a 800 langleys (1 langley = 1 gr. de cal. x cm² de superficie).

En el Estado de Arizona EUA, en diversos estudios se encontró, que el porcentaje de concepción para vacas lecheras, con sistema de enfriamiento fue del 58%, en contraste con un 35% de las vacas testigo, las cuales tuvieron acceso solo a sombra.

En Florida EUA, Román Ponce y col., reportaron 44.4% contra 25.3% de fertilidad, en vacas lecheras con sombra y sin sombra; estos animales habían sido expuestos a 28.4 °C y 36.7 °C de temperatura ambiente respectivamente.

Del mismo estudio anterior, las vacas con sombra tuvieron 54 respiraciones por minuto, contra 82 de las vacas sin sombra; la temperatura rectal fue de 38.9 °C y 39.4 °C para ambos grupos. La producción de leche fue 10.6% mayor en las vacas con sombra.

Los mecanismos por los cuales el estrés térmico inhibe la fertilidad, es una interrelación difícil de separar. Como efecto directo de la temperatura ambiente, por el desequilibrio hormonal, de un efecto sobre el consumo de alimento, o bien a la combinación de todos estos factores, los cuales comprometen la viabilidad de los gametos y embriones en su ambiente uterino.

En un estudio dirigido por Román Ponce en Florida, encontró que las concentraciones de cortisol fueron de 13.0 ng/ml. de suero, contra 8.7 ng/ml. De suero de las vacas sin sombra y con sombra, respectivamente.

Los espermatozoides, así como el huevo o cigoto y el embrión en desarrollo, son sensibles a temperaturas elevadas, además que estas estructuras requieren de hormonas y nutrientes en proporción adecuada para continuar su crecimiento.

En condiciones de campo, el proveer de sombra adecuada a los bovinos, resultará en un mejor desempeño productivo y reproductivo.

En contraste con el impacto de las altas temperaturas sobre la fertilidad de los bovinos, en los últimos tres años en el Noroeste de México, particularmente en Sonora y Sinaloa, se han registrado temperaturas ambientales menores a 0 °C, durante los meses de invierno, lo que ha impactado de manera directa e indirecta en los programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Los porcentajes de preñez se han reducido de un 45% hasta un 25%, cuando las bajas temperaturas se manifiestan cercano a las fechas de inseminación artificial (i. a.) (semanas antes, durante o después de la i.a.).

Bibliografía

- Román, P. H. Efecto del stress térmico sobre la fertilidad del ganado bovino. INIP SARH Campo Experimental Paso del Toro Veracruz.
- Figeredo F. Estrés calórico en vacas lecheras. Video TV ABC Rural, Uruguay.

Formas para mejorar la viabilidad de los gametos y embriones del ganado bovino afectado por el estrés calórico y nutricional en el trópico.

Dr. Salvador Romo García.

Introducción

La temperatura ambiental tiene una gran influencia en la producción y en la reproducción. Cuando se busca mejorar la eficiencia productiva y reproductiva en la ganadería, se debe tomar en cuenta la interacción que existe entre el medio ambiente y los animales, debido a que las diferentes respuestas de éstos a las características de cada región son cruciales para una actividad productiva y eficiente. Por lo tanto, es importante identificar los factores que influyen en la vida y en la productividad del animal, como son el estrés térmico, determinado por las fluctuaciones estacionales del medio ambiente. Después de conocer estos factores, es necesario hacer los cambios que permitan la viabilidad económica de los sistemas de producción. De esta manera, el conocimiento de las variables climáticas, su interacción con los animales y las respuestas conductuales, fisiológicas y de producción, son esenciales para mejorar la producción. La temperatura del aire es considerada como el factor más importante en el clima, dentro del entorno físico del animal. Para su máxima productividad, el ganado debe mantenerse en una zona de confort térmico, donde requiere de un mínimo de energía para mantener su homeotermia. La zona de confort térmico se define por los límites de temperaturas (superior e inferior) críticos. Por arriba de la temperatura crítica superior, los animales entran en estrés calórico, y a una temperatura por debajo de la temperatura crítica inferior entran en estrés por frío. Los animales expuestos a altas temperaturas ambientales, por encima de la temperatura crítica superior, están sometidos a hipertermia, por lo que es necesario que para mantener la homeostasis entren en acción sus procesos de termorregulación para la pérdida de calor. Desde el punto de vista de la producción animal, este aspecto es muy importante, porque cuando el animal sale

de estos límites de temperatura, los nutrientes ingeridos que se deberían utilizar para su crecimiento y desarrollo, son utilizados con la finalidad de conservar su equilibrio térmico. Por lo tanto, cuando se asocian las altas temperaturas con alta humedad y radiación solar, provoca que el animal sufra cambios fisiológicos y de comportamiento que se traducen en disminución de la ingestión de alimentos y una reducción en el rendimiento productivo del animal. El objetivo de este trabajo es dar a conocer algunas formas de manejo que permiten mejorar la viabilidad de los gametos y embriones del ganado bovino cuando está expuesto al estrés calórico y nutricional del trópico.

Manejo nutricional

En el manejo nutricional en los períodos de mayor calor en el año, se deben considerar aspectos como los de incluir una dieta fría, regular las dietas de alta energía, la suplementación adicional con sales y minerales, y proveer agua de buena calidad. Se ha recomendado el uso de dietas basadas en alimentos cortados y fermentados, como el forraje de maíz. Esta dieta es básicamente una fuente de energía y por lo tanto debe ser cuidadosamente equilibrada con el uso de fuentes de nutrientes esenciales con el fin de satisfacer las necesidades nutricionales de los rumiantes. Hay pocas alternativas para reducir la producción de calor metabólico y mejorar la pérdida de calor sin reducir la producción. Por lo tanto, el estrés por calor puede reducirse mediante la manipulación nutricional.

La reducción del forraje en la dieta es una forma para disminuir el calor. Esto es debido a la gran cantidad de calor de la fermentación de forrajes, en comparación con el alimento concentrado. Algunos alimentos grasos también pueden reducir el estrés por calor, debido a que las calorías de la grasa son mayores que la de los carbohidratos y proteínas; así, la densidad de energía se incrementa y el calor producido por el metabolismo del animal se reduce.

La suplementación con bicarbonato de sodio puede ser benéfica para la reducción del estrés calórico en rumiantes, esto se basa en la hipótesis de que la secreción de saliva será menor debido a la más rápida pérdida de bióxido de carbono durante la respiración rápida en animales estresados. La suplementación de las dietas con bicarbonato de sodio también puede disminuir el pH ruminal, corregir los problemas derivados de alimento concentrado y disminuir la temperatura. Las deficiencias de

potasio, sodio, cloro y en un grado menor de calcio y magnesio pueden producir estrés por calor en los animales, esto se atribuye a un incremento en la tasa de pérdida de fluido y una disminución en el consumo de alimento durante la hipertermia. Las sales de potasio, sodio y cloruro son esenciales para mantener el equilibrio osmótico en el estrés por calor. Por otra parte, se ha reportado que algunos suplementos dietéticos como la administración de betacarotenos a vacas sometidas a estrés calórico por lo menos durante 90 días, ha logrado producir porcentajes de gestación mayores (35%) que los obtenidos en grupos que no fueron suplementados (21%).

Manejo ambiental

Al combinar los métodos arriba citados, con cambios en el medio ambiente y en el manejo puede disminuirse o controlar el estrés por calor. Existen varias alternativas para modificar el medio ambiente y reducir el impacto térmico sobre los animales. Una de estas es la disponibilidad de sombra, ya que ésta es esencial para reducir las pérdidas en la producción de leche y en la eficiencia reproductiva. La sombra de los árboles es más eficaz porque reduce la incidencia de la radiación solar y reduce la temperatura del aire por evaporación de las hojas.

El establecimiento de cercas vivas en los potreros es una actividad que proporciona múltiples ventajas, como: sombra, rompevientos, producción de madera o de postes y refugio para animales silvestres.

Otras estrategias pueden ser los techos de tejas de barro, de cemento o de acero galvanizado. En estos últimos casos se obtienen mejores resultados en la disminución de la temperatura a la sombra cuando se aplica espuma de poliuretano en la parte interna de estos techos.

Las sombras son adecuadas para las regiones donde el estrés por calor se produce todo el año y requiere no solamente de estructuras fuertes y durables, sino que también deben tener una inclinación y altura correctas. Otra característica importante se refiere a la orientación de las instalaciones, por lo que el eje longitudinal de la estructura debe estar orientado de este a oeste, para que los animales y los comederos permanezcan en la sombra durante todo el día.

Cuando se cuenta con instalaciones adecuadas, (orientación de los edificios, este-oeste, pisos de tierra o arena), el uso de ventiladores ayudan a proporcionar un mejor ambiente térmico y a mejorar el confort de los animales. La ventilación natural se asocia, entre otros factores, con la altura del techo y la ventilación forzada, que favorece la disipación de calor por convección. El uso de ventilación forzada requiere la colocación de ventiladores eléctricos en lugares apropiados.

Otra opción es la nebulización, que consiste en liberar vapor de agua en el aire y que éste se evapore antes de llegar a los animales. El aire se enfría de este modo y cuando llega a los animales aumenta su mecanismo de pérdida de calor por convección. El animal también se refresca cuando inhala el aire frío. El enfriamiento por evaporación de agua en forma de neblina o goteo requiere del uso de aspersores de agua o vaporizadores.

En algunos casos se reporta la utilización de presas o estanques en los que los animales pueden refrescarse durante las horas de mayor calor. El aire refrigerado también se usa, pero requiere de confinamiento total de los animales. En este caso los animales que van a ser donadores de semen o de embriones se colocan en salas climatizadas con aire acondicionado, al menos durante los meses más cálidos del año.

Otra alternativa es la de enviar a los sementales o a las vacas donadoras a lugares con clima templado. En los Estados Unidos existen casos en los que estos animales se mantienen en lugares con una elevación mayor a los 2,300 metros sobre el nivel del mar, como es el caso de la ciudad de Capitán, en Nuevo México. En nuestro país, dos compañías procesadoras de semen congelado se encuentran ubicadas en un clima templado, cerca de la ciudad de Querétaro. A pesar de lo anterior y de que existen otros lugares que por su altitud pudieran utilizarse en México como ideales para ubicar centrales de sementales o de donadoras, esto no se lleva a cabo.

Manejo reproductivo

Experimentos que se llevaron a cabo en Florida durante el verano, demostraron que el uso de la Inseminación Artificial (IA) en períodos pre-establecidos, aumentó el porcentaje de vacas preñadas. Otra alternativa es el uso de monta durante períodos cortos de tiempo, ya que el toro también es muy sensible al estrés por calor.

En vacas productoras de leche, se recomienda utilizar terapia hormonal para reducir los efectos del estrés calórico, ya que éste disminuye la secreción de GnRH y de LH. Entre estas terapias se incluyen: la sincronización del estro para la IA a tiempo fijo (IATF); la administración de GnRH durante el estro y la administración de GnRH o de hCG inmediatamente después de la IA.

Algunos estudios han descrito la estrategia de enfriamiento de las mujeres en los primeros días del embarazo, cuando el embrión es más susceptible al estrés por calor, aumentando el porcentaje de embarazo en un 10%. Algo similar se usa como tradición oral en algunas regiones del estado de Guerrero, en donde acostumbran mojar el lomo de las vacas inmediatamente después de ser inseminadas. Sin embargo esta costumbre no evita por completo el efecto del calor intenso durante mucho tiempo, por lo que puede ocurrir la muerte embrionaria al inicio de la gestación.

Cuando los embriones son transferidos a hembras receptoras, son estructuras que tienen siete días de vida, lo que los coloca en una etapa de mayor resistencia al estrés calórico. Los embriones presentan mayor susceptibilidad al estrés térmico antes de llegar a los 4 días de vida. Por otra parte, utilizando la técnica de transferencia de embriones en clima cálido, los porcentajes de gestación han llegado a ser de 29.2%, siendo superiores a los de IA, que en las mismas condiciones llegan a 21.4%.

La transferencia de embriones puede ser una estrategia eficaz para mejorar la fertilidad en vacas expuestas a estrés térmico porque la mayoría de los efectos de este estrés en la reducción de la fertilidad ocurren antes del estadio de blastocisto, cuando normalmente son transferidos los embriones.

Además, los efectos del estrés térmico en la detección de celos, que limitan la capacidad de transferir los embriones, pueden ser controlados a través del uso de protocolos de sincronización de la ovulación y de transferencia de embriones a tiempo fijo (TETF).

Se puede mejorar el resultado de la transferencia de embriones en condiciones de estrés térmico a través de la exposición de los embriones a IGF-I (insulin-like growth factor-I), que probablemente actúa como una molécula termoprotectora.

Las tecnologías más avanzadas, como la congelación de embriones y la fertilización *in vitro* son otras opciones disponibles para mitigar los efectos del estrés calórico en la reproducción. Se han realizado investigaciones en un intento por minimizar los efectos nocivos de las altas temperaturas en los embriones, incluyendo la administración de antioxidantes en el medio de cultivo de los gametos y los embriones. Estos productos sirven como termoprotectores, ya que reducen la acción de los radicales libres, que se consideran tóxicos para células y embriones.

Los embriones producidos por fertilización *in vitro* a partir de ovocitos colectados en el rastro son una fuente barata y fácilmente disponible para programas de transferencia de embriones en gran escala durante períodos de estrés térmico. Los embriones producidos *in vitro* tienen una capacidad reducida de sobrevivencia después de su criopreservación y transferencia a hembras receptoras. Para optimizar los programas de transferencia utilizando embriones producidos *in vitro* será necesario desarrollar condiciones de cultivo que produzcan embriones con propiedades parecidas a las de los embriones producidos *in vivo*. El perfeccionamiento de los procesos de producción, selección y transferencia de embriones, así como el manejo de receptoras, debe propiciar condiciones para que la transferencia de embriones pueda ser un método económico para mejorar la fertilidad.

En los toros, la temperatura testicular debe ser de 2 a 6 grados centígrados menor que la temperatura corporal central, para permitir la producción de espermatozoides fértiles. Los mecanismos que enfrían a los testículos incluyen un mecanismo vascular testicular (plexo pampiniforme), la pérdida de calor desde la superficie escrotal, la relajación de los músculos escrotales, la sudoración escrotal, respuestas generalizadas corporales, y gradientes de temperaturas complementarios en el escroto y los testículos. Por otra parte, los testículos funcionan con niveles reducidos de oxígeno, es decir, que trabajan muy cerca de niveles de hipoxia. Cuando la temperatura testicular aumenta, el metabolismo se incrementa en un porcentaje mayor al del flujo sanguíneo y por lo tanto los testículos presentan hipoxia. Por lo tanto, los testículos son muy susceptibles a los

aumentos de temperatura, ya sean debidos a factores endógenos (fiebre), o factores exógenos (alta temperatura ambiental). A medida que la temperatura testicular aumenta, la proporción de espermatozoides defectuosos se incrementa, y la duración y recuperación de esta condición depende de la naturaleza y la duración del aumento de la temperatura. La temperatura testicular en los machos bovinos debe ser entre 2 y 6 °C menor que la temperatura corporal central para la producción de espermatozoides fértiles, ya que el aumento de la temperatura testicular disminuye la calidad seminal. El incremento en la temperatura testicular es la causa fundamental de infertilidad en muchos toros: a mayor temperatura y humedad será menor la calidad del semen producido por un toro.

Manejo Genético

Las combinaciones de los métodos antes citados con otros, como la selección genética de razas o cruza de animales resistentes al calor pueden ser eficaces contra el estrés por calor.

La temperatura influye de manera directa en la aclimatación de razas de ganado originarias de países con clima templado. El rango de temperatura para lograr la mayor eficiencia en la utilización de energía para este tipo de ganado está entre 13 y 18°C, con un mínimo de 12 y un máximo de 25°C. Los productores ubicados en climas tropicales no pueden aprovechar las condiciones del clima de estas regiones para explotar ganado de razas europeas especializadas.

Las razas de ganado europeo (*Bos taurus*) se desarrollaron en países con climas templados, por lo que generalmente no se adaptan con facilidad a climas tropicales y cuando son expuestos a estas condiciones climáticas disminuye su eficiencia de producción, especialmente en casos en que estos individuos son descuidados, llegando a enfermarse y a morir.

Los ejemplos de estas razas son varios, entre las razas productoras de carne se encuentran dos tipos principales, las continentales como charolais, pardo suizo tipo europeo o braunvieh, simmental, y limousin, entre otras. Y por otra parte se encuentran las razas británicas, como angus y Hereford, principalmente. En cuanto al ganado productor de leche, los principales ejemplos son la raza holstein y la pardo suiza tipo

americano. Por otra parte, las razas de ganado que se originaron en condiciones climáticas tropicales y están adaptadas a las mismas son las denominadas razas cebuínas (*Bos indicus*), que incluyen entre las productoras de carne al brahman, en sus variedades roja y blanca, así como las razas nelore, y guzerat. Y entre las razas cebuínas especializadas en producción de leche se encuentran gyr y guzerat. Una alternativa para utilizar la mejor productividad de las razas europeas bajo condiciones tropicales es su cruzamiento con razas cebuínas, del primer cruzamiento entre éstas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) se producen animales conocidos como F1, que son altamente productivos debido a que presentan vigor híbrido. Entre estos tipos de individuos se encuentran principalmente los cruzamientos de gyr con holstein, conocidos como gyrolando, y de cebú con suizo, que se conocen como suizbú. En forma similar se han creado cruzamientos entre diferentes razas de ganado *Bos taurus* con *Bos indicus*, para formar las denominadas razas americanas o sintéticas, que están constituidas generalmente por una proporción de 5/8 de raza europea y 3/8 de raza cebuína. Entre los ejemplos más comunes de estas razas en nuestro país se pueden mencionar la raza compuesta por el cruzamiento de brahman con simmental, denominada simbrah; la cruce de brahman con angus, conocida como brangus, que se presenta en sus variedades negra y roja; también al cruzar brahman con charolais se obtiene la raza charbray. Por otra parte, existen algunas otras razas *Bos taurus* que son poco conocidas pero que se han adaptado a climas tropicales a través de años de haber subsistido en microambientes muy específicos. Entre ellas vale la pena mencionar algunas de tipo cárnico como senepol, romo sinuano y cuernos largos de Texas (Texas longhorn), y entre las lecheras al criollo lechero centroamericano.

Un claro ejemplo de un error en la selección genética del ganado para climas tropicales es la falta de conocimiento de que el aumento de la radiación ultravioleta (UV) predispone al ganado a padecer de cáncer de ojo. Por lo tanto el ganado que vive en latitudes bajas y altitudes elevadas corre un riesgo mayor, porque la latitud, la altitud y las horas diarias de luz solar contribuyen a la cantidad de radiación UV. El cáncer de ojo es más común durante y después de periodos de sequía, debido a que el ganado pasa más tiempo pastando en el sol y se expone a la luz UV, al polvo o tierra y a las moscas, además de que el estrés disminuye la inmunidad. El seleccionar una raza o variedad de ganado que no tenga pigmento alrededor de los ojos es un importante factor predisponente para este padecimiento. Los ejemplos mejor conocidos en los que se

presenta mayor prevalencia del cáncer de ojo son algunos individuos de las razas simmental y Hereford. Por lo tanto, para estos climas es indispensable realizar una selección adecuada de animales que presenten pigmento alrededor de los ojos, haciendo todo lo posible por evitar la presencia de líneas o familias que genéticamente están predispuestas a presentar este problema.

Por todo lo anterior, algunos investigadores consideran que en el futuro se tendrán que crear razas de ganado a la medida de las características del clima y de la producción de alimentos de cada área geográfica en particular. Probablemente se necesitarán razas nuevas, creadas para adaptarse a cada tipo de medio ambiente.

Conclusión

En este trabajo se ha mencionado la importancia del uso de algunas estrategias de manejo que se pueden utilizar para disminuir el efecto del estrés por calor en la producción de ganado bovino en condiciones tropicales, y la importancia de mantener su bienestar y confort térmico, ya que son vitales para mantener altos niveles de productividad en cualquier sistema de producción.

Literatura citada

- Aréchiga, CF; Staples, CR; Staples, CR. MacDowell, LR. Eficacia de la inseminación a tiempo fijo (IATF) y el programa de alimentación suplementaria de beta caroteno en la función reproductiva en las vacas lecheras. J. Dairy Science V.80, supl. 1, p.239, 1997.
- Baeta, FC, Souza, CF. Ambiente rural en los edificios: confort de la vaca. Universidad Federal da Viçosa. 246 p. 1997.
- Da Silva, EMN, de Souza, BB, Silva, GA. Estrategias para mitigar el efecto del estrés calórico en los animales de granja. Artículo de hipertexto. Disponible en: http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/EstresseTermico/index.htm. 2010.
- De Almeida F. F. R., Cerqueira, C. N. C., da Rocha T. F. M., Sanchez F. S. T., Coentro M. Y. Efeito do estresse calórico no desempenho reprodutivo de vacas leiteiras revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável grupo verde de agricultura alternativa (GVAA) ISSN 1981-8203. Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.5, p. 01 - 25 (Numero Especial) dezembro de 2010. <http://revista.gvaa.com.br>

- De Sota SE, RL; Riesgo, CA; Moreira, F., et al. Eficacia de un programa de inseminación programada en las vacas lecheras durante el verano sobre el estrés de calor. J. Animal Science, V.74, supl. 1, pág. 133. 1996.
- Fuquay, JW. Estrés por calor, y cómo afecta la producción animal. J. Animal Science, n. 52, pág. 164-174, 1981.
- Hansen PJ. Transferencia de embriones como herramienta para mejorar a fertilidade em gado leiteiro em climas tropicais. Acta Scientiae Veterinariae. 34 (Supl 1): 145-158. 2006.
- http://grupos.emagister.com/documento/establecimiento_y_manejo_de_cercas_vivas_en_ganaderia/1788-338593. Establecimiento y manejo de cercas vivas en ganadería.
- Kastelic J, Cook RB, Coulter GH. Termoregulación escrotal/testicular en toros. Publisher: International Veterinary Information Service (www.ivis.org), Ithaca, New York, USA. Agriculture and Agri-Food Canada, Lethbridge Research Center, Lethbridge Alberta, Canada. 2000.
- Müller, PB. Bioclimatología aplicada a los animales domésticos. 3a. Ed. Sulina. 262 p. 1989.

Impacto del cambio climático en los indicadores reproductivos en ganado bovino productor de leche

Manuel Valdez López
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad Autónoma de Sinaloa

Introducción

El efecto del clima en la producción animal se ha estudiado por más de cincuenta años, lográndose comprender aspectos fisiológicos y productivos en condiciones termoneutrales y de estrés climático. La preocupación por el medioambiente y su impacto en el área de la producción animal, ha crecido durante las dos últimas décadas, los estudios se han centrado en la contaminación que los sistemas productivos ocasionan al ambiente, en especial aquellos que concentran cientos o miles de animales en superficies reducidas. Sin embargo, ésta es solo una parte de la compleja interacción animal - ambiente. El estudio de los efectos del clima en la salud y desempeño reproductivo de los animales ha sido menor, especialmente durante los últimos años donde se han observado mayores variaciones climáticas (Collier *et al.*, 2006; Arias *et al.*, 2008).

En este sentido, la investigación en bioclimatología animal se remonta a estudios que en su mayoría fueron conducidos bajo cámaras de ambiente controlado. Sin embargo, el rápido avance computacional y tecnológico ha hecho posible contar con dispositivos electrónicos y telemétricos modernos que se traducen en un incremento en el número de experimentos de campo bajo condiciones de producción comercial. Este tipo de dispositivos y de investigación permiten tener un registro preciso de los cambios de temperatura corporal, tasa de respiración y sudoración, así como el consumo de alimento y agua. Por lo cual, actualmente es posible evaluar en forma conjunta el efecto de diversos factores climáticos y productivos, los cuales tienen un efecto directo sobre el bienestar animal e indicadores reproductivos (Arias *et al.*, 2008).

El estrés ambiental tiene un grave efecto en la productividad de los animales y, en particular, en la de ganado lechero. Se ve agravado por el calentamiento global actual, el cual se acompaña de períodos de condiciones climáticas extremas. Esto último puede tener efectos cada vez más graves sobre el bienestar y la productividad animal (De Vries y Risco, 2005; Huang *et al.*, 2008).

A pesar de estar adaptados a las condiciones ambientales en las que viven, en ocasiones los animales sufren estrés debido a oscilaciones en las temperaturas, o bien, por una combinación de factores negativos a los que se someten durante un corto período. Los animales hacen frente a estos períodos desfavorables a través de ajustes fisiológicos y de comportamiento. Así, en la mayoría de los casos esta respuesta se manifiesta en cambios en los requerimientos de nutrientes, siendo el agua y la energía los más afectados, cuando el ganado se encuentra fuera de la denominada zona termoneutra. Estos cambios en los requerimientos, así como los ajustes fisiológicos realizados para enfrentar el período de estrés, provocan una reducción en su desempeño reproductivo (Morton *et al.*, 2007).

Factores que afectan la eficiencia reproductiva

El desempeño reproductivo está influenciado por diversos factores de tipo ambiental y de manejo, entre los cuales se encuentran la efectividad en la detección de celos, la técnica utilizada en el manejo del semen, el uso de programas de sincronización o resincronización, el manejo de la vaca en periodo de transición, el estado metabólico de los animales, la salud de la ubre, la comodidad de las vacas y los problemas de laminitis (Scheifers *et al.*, 2010). La fertilidad del toro, así como el descongelado y manejo correctos del semen afectan la fertilidad de la vaca. Las técnicas inadecuadas de manejo del semen pueden dar lugar a daños en la membrana de los espermatozoides, reducción de la motilidad espermática y la muerte debido a choque por calor o frío (Caraviello *et al.*, 2006), además, los mismos autores señalan que la temperatura a la cual el semen es descongelado, es un factor importante que afecta la proporción de vacas preñadas antes de 150 días en lactación.

Los trastornos relacionados con el parto, tales como metritis, retención de placenta, cetosis y desplazamiento del abomaso, predisponen a una reducción de la eficiencia

reproductiva (Walsh *et al.*, 2007). Por otra parte, las vacas que consumen menos materia seca durante el parto, muestran un retraso en la primera ovulación, por lo que se observa una disminución en su fertilidad (Huzzey *et al.*, 2007). La funcionalidad de los alojamientos, las estrategias de agrupación y el espacio disponible, son sólo algunos de los factores que afectan la salud y el rendimiento posterior al periodo de transición (Cook y Nordlund, 2004). Las vacas con mastitis tienen 2.8 veces más probabilidades de sufrir pérdida de un embrión que las vacas sanas, la mastitis subclínica o clínica antes de la primera inseminación, tienden a provocar un mayor número de servicios por concepción (Santos *et al.*, 2004).

Las condiciones ambientales influyen en forma importante en las manifestaciones de los signos de celo, el hacinamiento y la presencia de superficies resbaladizas reducen estas manifestaciones (Britt *et al.*, 1986). Además, la conducta de monta característica del celo, se reduce en aquellos animales que presentan problemas de patas, en comparación con las vacas con buena salud en sus miembros, las vacas clasificadas como cojas tienen 3.5 veces más posibilidades de mostrar retraso en su ciclo (Garbarino *et al.*, 2004).

La magnitud de la depresión estacional de la fertilidad se ve afectada por factores ambientales, que definen la severidad del estrés ocasionado por el calor y los factores internos de la vaca que determinan su capacidad para regular la temperatura corporal. Los factores ambientales tales como temperatura y humedad del aire se determinan en gran parte por la ubicación y por las características de alojamiento de los animales. Una de las características de la vaca que determina la capacidad de termorregulación es la cantidad de leche producida, que afecta la tasa metabólica y la hipertermia experimentada durante el estrés por calor (Berman *et al.*, 1985).

Indicadores reproductivos

La eficiencia reproductiva de los animales puede ser evaluada utilizando diversos indicadores, a pesar de la controversia en la utilidad de las medidas tradicionales, debido a que proporcionan solo una visión parcial de alguna área reproductiva, estas son de gran utilidad al evaluar el desempeño reproductivo, solo es necesario comprender en forma clara los aspectos que refleja la medida. La mayoría de los índices reproductivos tradicionales, suponen una medida en todo momento del estado reproductivo del hato, no del rendimiento. Es decir, suponen un estado de la actividad reproductiva del hato en un

momento determinado, pero no una medida de la eficiencia de trabajo en esta área a lo largo del tiempo (Arias *et al.*, 2008).

El intervalo entre partos tiene el inconveniente de ser una medición histórica, no considera vacas de primer parto, abiertas, así como aquellas que fueron eliminadas, aún cuando formaron parte del grupo de vacas a ser evaluadas. Los servicios por concepción tienen el defecto que no toman en cuenta a las vacas que no se preñan, aún cuando fueron inseminadas. La tasa de concepción al primer servicio tiene el mismo defecto del anterior, solo considera vacas que resultan preñadas e ignora al resto. De igual forma, los días abiertos solo toman en cuenta a las vacas que resultan preñadas, e ignoran por completo a las que no se preñan. Los días al primer servicio están grandemente influenciados por el período voluntario de espera de cada hato, de modo que no es un índice universal, por lo cual no son útiles para comparar entre hatos (Arias *et al.*, 2008).

La tasa de preñez es el porcentaje de vacas que consiguen la gestación, sobre el total de vacas elegibles en un período de tiempo determinado, generalmente, de 21 días. Actualmente, sin que esto reste utilidad a los indicadores anteriores, se considera que la tasa de preñez es la forma más justa de evaluar la eficiencia reproductiva en los hatos lecheros.

Cambio climático y eficiencia reproductiva

Los modelos climáticos pronostican cambios en el clima del mundo, con un aumento en la concentración de CO₂ atmosférico, incrementos de temperaturas y cambios en la distribución de las precipitaciones. Las estimaciones de incremento en la temperatura superficial media global son de un rango de 1.5 a 4.5 °C. Todo esto puede tener profundos efectos en la producción agropecuaria y de alimentos tanto para los animales como para el ser humano. Existen diversos informes que indican potenciales daños a los animales en función de los cambios de clima proyectados. En este nuevo escenario muchas veces los animales llegan al límite de su capacidad para hacer frente a condiciones de frío o calor extremo (Morton *et al.*, 2007).

Al evaluar los efectos del calor sobre salud y el rendimiento reproductivo, se describe el calor del medio ambiente con la temperatura del aire. Sin embargo, la termorregulación en las vacas se ve afectada no sólo por la temperatura del aire, sino

también por la humedad relativa (Armstrong, 1994). Así, el índice temperatura-humedad (THI) parece particularmente útil ya que se calcula utilizando la temperatura del aire y la humedad relativa, las cuales son comúnmente medidas en las estaciones meteorológicas. Es necesario usar valores promedio de cada período de 24 horas. Sin embargo, es posible que el efecto del calor ambiental sobre el desempeño reproductivo sea mayor, cuando las vacas están expuestas a períodos prolongados de condiciones extremas dentro de cada período de 24 horas (Morton *et al.*, 2007).

El ambiente caluroso reduce el desempeño reproductivo de las vacas lecheras en lactación. En las regiones con veranos calurosos, el tiempo que tardan en volver a quedar preñadas las que paren en primavera y verano, es mayor, con respecto a las que paren en otoño e invierno (De Rensis *et al.*, 2002). El periodo en días para la primera inseminación es mayor entre las vacas que paren en verano que en invierno y la temperatura corporal de la vaca al inicio de la lactación, se asocia positivamente con el tiempo que transcurre para que ocurra la primera ovulación (Jonsson *et al.*, 1997).

Gran parte de los efectos negativos del estrés por calor tienen que ver con el desarrollo embrionario, el cual a su vez depende del día en que ocurra la ovulación. La exposición a temperatura y humedad elevadas durante 10 horas a partir del inicio del estro, incrementa la incidencia de embriones con retraso recuperados a los siete días de la gestación. De este modo, los eventos reproductivos en el periodo preovulatorio son susceptibles de interrupción debido al estrés por calor, en una serie de sucesos que conducen a la alteración del desarrollo embrionario. A partir de entonces, los embriones parecen adquirir un poco de resistencia térmica, la exposición de vacas holstein en lactación, superovuladas, al estrés por calor en el día uno después del estro, disminuye la viabilidad y el desarrollo de los embriones recuperados en el día 8, pero el estrés por calor no tiene mayor efecto si ocurre durante los días 3, 5, ó 7 después de la inseminación (Putney *et al.*, 1989). Resultados similares se han observado en embriones cultivados expuestos a golpes de calor. No se sabe si el estrés por calor antes de la ovulación puede comprometer la fertilidad posterior. Tales efectos son posibles debido a que el estrés por calor puede alterar el desarrollo folicular, y el oocito puede ser interrumpido por la exposición a temperatura elevada (Collier *et al.*, 2006).

Condiciones estresantes dos días antes del servicio se asocian negativamente con la tasa de concepción y están más estrechamente asociadas con la posibilidad de la concepción, que las condiciones el d -1, 0 ó 1, o en otros días entre -14 y +2. Por el contrario, la asociación negativa entre la temperatura y las tasas de concepción es similar, independientemente de si se mide la temperatura en el día -10, 0, ó +10 (Al-Katanani *et al.*, 1999). Debido a que el clima puede estar altamente relacionado con los periodos de tiempo sucesivos, estas asociaciones no pueden reflejar con precisión los períodos de mayor efecto biológico del calor ambiental. Los periodos prolongados de días abiertos asociados con el calor, se deben también a las bajas tasas de concepción. Básicamente las tasas de concepción más bajas, son las que se observan cuando los servicios se realizan en los meses de más calor (López-Gatius, 2003) y en las estaciones o los meses con los valores de mayor índice de temperatura-humedad (McGowan *et al.* 1996). Aunque la exposición al calor en el día de servicio puede tener efectos importantes en las tasas de concepción, los servicios realizados durante los períodos cálidos suelen ir precedidos y seguidos por días calurosos, y los efectos en estos días pueden ser igual o más importantes que las condiciones en el día de servicio. La temperatura ambiental en el periodo alrededor del día de servicio está estrechamente asociada con la reducción de la tasa de concepción, pero los efectos precisos de la exposición al calor en determinados momentos no están claros. Una temperatura máxima por encima de 27 °C en el día de servicio se relaciona con una tasa de concepción reducida (Cavestany *et al.*, 1985).

Diversos estudios mencionan una disminución en el desempeño reproductivo de vacas lecheras desde la década de 1950. Entre 1985 y 1999, Washburn *et al.*, (2002) encontraron un incremento en los días al primer servicio, de 84 a 100, en hatos holstein explotados en diez estados del sureste de los Estados Unidos, los cuales estuvieron en control permanente del DHIA. En ese mismo periodo, la tasa de detección de estros disminuyó de alrededor de un 51 a 42 por ciento. Los días abiertos se incrementaron de un promedio de 126 en el año de 1976, a 169 para 1999. El número de servicios por concepción, incluyendo todos los servicios de todas las vacas, también se incrementaron de 1.9 en 1976 a 3 en 1999. Un incremento similar en esta misma medida se reportó en otro trabajo (Lucy, 2001), así como un incremento en el intervalo entre partos de 13.4 meses en 1970 a 14.8 meses para 1999.

La tasa de concepción al primer servicio en los hatos lecheros de Nueva York disminuyó de aproximadamente el 65% en 1951 a 40% en 1996 (Butler, 1998). En Ohio, los días al primer servicio se incrementaron de 90 a 94 y los días a la concepción aumentaron de 136 a 151 en los rebaños inscritos en DHIA entre 1992 y 1998 (Rajala-Schultz y Frazer, 2003). El descenso en el rendimiento reproductivo coincidió con el aumento de tamaño de los rebaños y la producción de leche por vaca (Lucy, 2001). Una disminución en el rendimiento reproductivo es una preocupación porque este fenómeno se relaciona con una reducción de la rentabilidad.

Literatura consultada

- Al-Katanani, Y. M., D. W. Webb, and P. J. Hansen. 1999. Factors affecting seasonal variation in 90-day nonreturn rate to first service in lactating Holstein cows in a hot climate. *J. Dairy Sci.* 82:2611-2616.
- Arias, R. A., T. L. Mader y P. C. Escobar. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch Med Vet.* 40, 7-22.
- Armstrong, D. V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77:2044-2050.
- Berman, A., Y. Folman, M. Kaim, M. Mamen, Z. Herz, D. Wolfenson, A. Arieli, and Y. Graber. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 68:1488-1495.
- Britt, J. H., R. G. Scott, J. D. Armstrong, and M. D. Whitacre. 1986. Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 69:2195–2202.
- Caraviello, D. Z., K. A. Weigel, M. Craven, D. Gianola, N. B. Cook, K. V. Nordlund, P. M. Fricke, and M. C. Wiltbank. 2006. Analysis of reproductive performance of lactating cows on large dairy farms using machine learning algorithms. *J. Dairy Sci.* 89:4703-4722.
- Cavestany, D., A. B. El Wishy, and R. H. Foote. 1985. Effect of season and high environmental temperature on fertility of Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 68:1471-1478.
- Collier, R. J., G. E. Dahl, and M. J. VanBaale. 2006. Major Advances Associated with Environmental Effects on Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 89:1244-1253.
- Cook, N. B., and K. V. Nordlund. 2004. Behavioral needs of the transition cow and considerations for special needs facility design. *Vet. Clin. Food Anim.* 20:495-520.
- De Rensis, F., and R. J. Scaramuzzi. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow-A review. *Theriogenology* 60:1139-1151.

- De Rensis, F., P. Marconi, T. Capelli, F. Gatti, F. Facciolongo, S. Franzini, and R. J. Scaramuzzi. 2002. Fertility in postpartum dairy cows in winter or summer following estrus synchronization and fixed time AI after the induction of an LH surge with GnRH or hCG. *Theriogenology* 58:1675-1687.
- De Vries, A., and C. A. Risco. 2005. Trends and seasonality of reproductive performance in Florida and Georgia dairy herds from 1976 to 2002. *J. Dairy Sci.* 88:3155-3165.
- Garbarino, E. J., J. A. Hernandez, J. K. Shearer, C. A. Risco, and W. W. Thatcher. 2004. Effect of lameness on ovarian activity in postpartum Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 87:4123-4131.
- Huang, C., S. Tsuruta, J. K. Bertrand, I. Misztal, T. J. Lawlor, and J. S. Clay. 2008. Environmental effects on conception rates of holsteins in New York and Georgia. *J. Dairy Sci.* 91:818–825.
- Huzzey, J. M., D. M. Veira, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2007. Prepartum behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. *J. Dairy Sci.* 90:3220-3233.
- Jonsson, N. N., M. R. McGowan, K. McGuigan, T. M. Davison, A. M. Hussain, M. Kafi, and A. Matschoss. 1997. Relationships among calving season, heat load, energy balance and postpartum ovulation of dairy cows in a subtropical environment. *Anim. Reprod. Sci.* 47:315-326.
- Lopez-Gatius, F. 2003. Is fertility declining in dairy cattle? A retrospective study in northeastern Spain. *Theriogenology* 60:89-99.
- Lucy, M. C. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? *J. Dairy Sci.* 84:1277–1293.
- McGowan, M. R., D. G. Mayer, W. Tranter, M. Shaw, C. Smith, and T. M. Davison. 1996. Relationship between temperature humidity index and conception efficiency of dairy cattle in Queensland. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 21:454.
- Morton, J. M., W. P. Tranter, D. G. Mayer, and N. N. Jonsson. 2007. Effects of environmental heat on conception rates in lactating dairy cows: critical periods of exposure. *J. Dairy Sci.* 90:2271-2278.
- Putney, D. J., S. Mullins, W. W. Thatcher, M. Drost, and T. S. Gross. 1989. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated temperatures between onset of estrus and insemination. *Anim. Reprod. Sci.* 19:37-51.
- Rajala-Schultz, P. J., and G. S. Frazer. 2003. Reproductive performance in Ohio dairy herds in the 1990s. *Anim. Reprod. Sci.* 76:127–142.

- Santos, J. E., R. L. Cerri, M. A. Ballou, G. E. Higginbotham, and J. H. Kirk. 2004. Effect of timing of first clinical mastitis occurrence on lactational and reproductive performance of Holstein dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 80:31-45.
- Schefers, J. M., K. A. Weigel, C. L. Rawson, N. R. Zwald, and N. B. Cook. 2010. Management practices associated with conception rate and service rate of lactating Holstein cows in large, commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.* 93:1459-1467.
- Walsh, R. B., J. S. Walton, D. F. Kelton, S. J. LeBlanc, K. E. Leslie, and T. F. Duffield. 2007. The effect of subclinical ketosis in early lactation on reproductive performance of postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:2788-2796.

Principios necesarios para la adaptación de la ganadería al cambio climático

Sandra Lok Mejias
Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central Km 47 ½, San José de las
Lajas, Mayabeque, Cuba.
slok@ica.co.cu

Resumen

La mitigación y adaptación de la ganadería al cambio climático es un tema de elevada prioridad para la ciencia. En este sentido el presente trabajo hace referencia a las interrelaciones entre este sector y el ambiente y su efecto mutuo. Se hace énfasis en los principios básicos que deben regir la explotación ganadera para lograr su adaptación y la mitigación al cambio climático, se analizan en el contexto actual las debilidades y posibilidades de la ganadería en este proceso y se enuncian retos a los que se enfrenta. Se aborda la experiencia cubana y se presenta la estrategia elaborada por el Instituto de Ciencia Animal para enfrentarse a esta problemática. Se concluye que la reorganización y redimensionamiento de la actividad ganadera, la aplicación de principios agroecológicos y políticas acertadas que estimulen y descentralicen la actividad pueden potenciar el desarrollo local participativo como alternativas para lograr el cambio. Se recomienda continuar divulgando los avances en el conocimiento de los efectos e interrelaciones entre cambio climático y ganadería, estandarizar y establecer mecanismos de control y seguimiento del efecto del manejo en los procesos asociados a la sostenibilidad del sector agropecuario y unir esfuerzos entre instituciones, estados y todos los actores involucrados en la gestión y explotación de estos sistemas como vía para conseguir la adaptación y mitigación al cambio climático.

Palabras clave: cambio climático, adaptación, mitigación, alternativas tecnológicas, retos.

Introducción

El cambio climático es ya una realidad, cuyos efectos se perciben en casi todos los ambientes y latitudes. Este constituye tema de debate y análisis de los sectores científicos, sociales, económicos y políticos, todos lo que convergen en la búsqueda de los posibles riesgos ambientales y la necesidad de desarrollar políticas públicas, normativas e instrumentos de inversión que estimulen la producción sostenible, la recuperación de suelos degradados y el desarrollo e implementación de opciones tecnológicas viables para la mitigación y adaptación al cambio climático.

La actividad ganadera se considera una de las principales emisoras de gases de efecto invernadero, debido a que es la principal fuente de producción de metano (CH_4), el cual es 23 veces más poderoso que el CO_2 . Del total del metano procedente de la ganadería, alrededor de 85% se produce en el proceso digestivo de los animales de producción y el 15% restante por las aguas residuales y áreas de desechos sin tratar, las cuales son fuente de contaminación del agua.

A su vez, las modificaciones en el clima tienen efectos directos e indirectos en la producción ganadera porque generan variaciones en el comportamiento productivo y reproductivo de los componentes del sistema suelo-pasto-animal, perturban el confort animal, pueden condicionar la aparición de plagas y enfermedades, la desaparición de especies deseadas y el incremento de especies menos deseadas. Febles *et al.*, (2010) plantean que el cambio climático es inseparable del proceso sinérgico entre la desertificación y la biodiversidad de los sistemas de pastizales pero no son en sí mismos, los únicos responsables de la actual degradación de los pastizales, la cual es el resultado del efecto combinado de factores como la ausencia o deficiencia de las políticas acertadas de desarrollo agropecuario, la persistencia de sistemas extensivos, altas tasas de deforestación, la pérdida de fertilidad de los suelos por su continua y despiadada explotación, la disminución y contaminación del recurso hídrico, entre otras.

Recuperar sistemas degradados, elevar su biodiversidad, reducir la deforestación mediante sistemas silvopastoriles e impulsar la ganadería sostenible deben conllevar a beneficios económicos, sociales y ambientales que pueden manifestarse en el aumento de la productividad por unidad de superficie, reducción del riesgo ambiental y de la vulnerabilidad de las regiones ganaderas a los efectos del cambio climático, a la vez que

se puede lograr el incremento de la producción de alimentos y mejorar el ingreso de los productores.

Por otra parte, existen opciones tecnológicas para recuperar suelos degradados y para la intensificación sostenible de la ganadería, sin embargo, se requieren políticas de estímulo al desarrollo sostenible, más inversión pública y privada, capacitación y divulgación de dichas tecnologías y programas de fortalecimiento institucional y de capacidades técnicas a nivel local.

Todo lo hasta aquí expresado, contextualiza la situación actual y la necesidad de lograr mecanismos y herramientas que permitan adaptar los sistemas ganaderos al cambio climático de manera que logren alcanzar y mantener sostenibilidad o perdurabilidad sobre la base de principios que posibiliten el desarrollo armónico de cada sistema según sus peculiaridades, donde la ciencia y la técnica deben jugar el papel preponderante.

Por ello, el objetivo del presente material fue abordar los principios básicos que deben regir el desarrollo ganadero en las regiones tropical y subtropical para lograr la mitigación y adaptación al cambio climático.

Desarrollo

El cambio climático es el resultado de continuo calentamiento de la Tierra, el cual se ha incrementado en los últimos años, por la presencia de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, los que elevan la temperatura del ambiente y perturban las condiciones propicias para la sostenibilidad de la vida en el planeta (IPCC, 2007). Entre los principales gases de efecto invernadero se encuentran el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (NO_2). Las causas a las que se asocian los incrementos de estos gases son varias, pero entre ellas se destacan la quema de combustibles fósiles, la deforestación, la degradación de suelos, el incendio de pastizales y áreas forestales, la descomposición anaeróbica de materias orgánicas, el proceso de descomposición del estiércol del ganado y el uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados.

La ganadería ocupa el 30% de la superficie terrestre del planeta en pastizales y el 33% de la superficie cultivable para producir forraje. Ante tal alcance, es evidente que el cambio climático debe tener repercusión sobre los sistemas de producción animal y a su

vez, los ganaderos tendrán que adaptar sus prácticas culturales y de manejo para lograr mantener producciones viables, ya que como efecto del cambio climático podrían aparecer, por ejemplo, nuevas enfermedades en los animales y/o pérdida de la productividad de los pastos y los forrajes que habitualmente se utilizan, entre otros efectos adversos. Por otra parte, estudios de la FAO (2011) indican que la demanda mundial de proteína animal se incrementará, paralelamente al crecimiento de la población y a medida que los hábitos alimentarios cambian. Este estudio estima que la producción mundial de carne se debe duplicar de los 229 millones de toneladas reportadas en el período de 1999 a 2001, a los 465 millones de toneladas, en 2050, y la de leche aumentará en ese período de 580 a 1,043 millones de toneladas. Por consiguiente, la producción animal seguirá desempeñando un papel clave en el suministro alimentario.

A pesar de la importancia de la producción ganadera para la vida y persistencia humana, la ganadería genera altas emisiones de gases causantes del efecto invernadero, según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2009). En la actualidad, el sector ganadero es responsable de 9% del CO₂, 37% de CH₄ y 65% de N₂O producido por la actividad humana. A ello se añaden, el 64% del amoníaco el que contribuye de forma significativa a la lluvia ácida y los cambios de uso de la tierra, mediante la tala de bosques, para ser utilizada en pastizales. Tal es el caso de la foresta desaparecida en el Amazonas, de la cual el 70% se dedican a pastizales. Esta situación implica la necesidad inmediata de encontrar vías y alternativas que posibiliten la adaptación y mitigación al cambio climático en este sector.

Efecto del cambio climático sobre la ganadería

El cambio climático a largo plazo, en particular el calentamiento del planeta, podría afectar a la agricultura y dentro de ella a la ganadería en diversas formas. A su vez, cualquiera de estas formas constituye un riesgo para la seguridad alimentaria de las personas más vulnerables. Entre los principales efectos del cambio climático sobre la ganadería pueden ser:

- Sería menos previsible el clima en general, lo que complicaría la planificación de las actividades agrícolas.
- Podría aumentar la variabilidad del clima, ejerciendo más presión en los sistemas agrícolas frágiles.

- Los eventos climáticos extremos, que son casi imposibles de prever, podrían hacerse más frecuentes.
- Aumentaría el nivel del mar, lo que sería una amenaza para la agricultura de las costas, en particular en las islas pequeñas de tierras bajas.
- La diversidad biológica se reduciría en algunas de las zonas ecológicas más frágiles, como los manglares y las selvas tropicales.
- Las zonas climáticas y agroecológicas se modificarían, obligando a los agricultores a adaptarse, y poniendo en peligro la vegetación y la fauna.
- Empeoraría el actual desequilibrio que hay en la producción de alimentos entre las regiones templadas y frías y las tropicales y subtropicales.
- Avanzarían plagas y enfermedades portadas por vectores hacia zonas donde antes no existían.

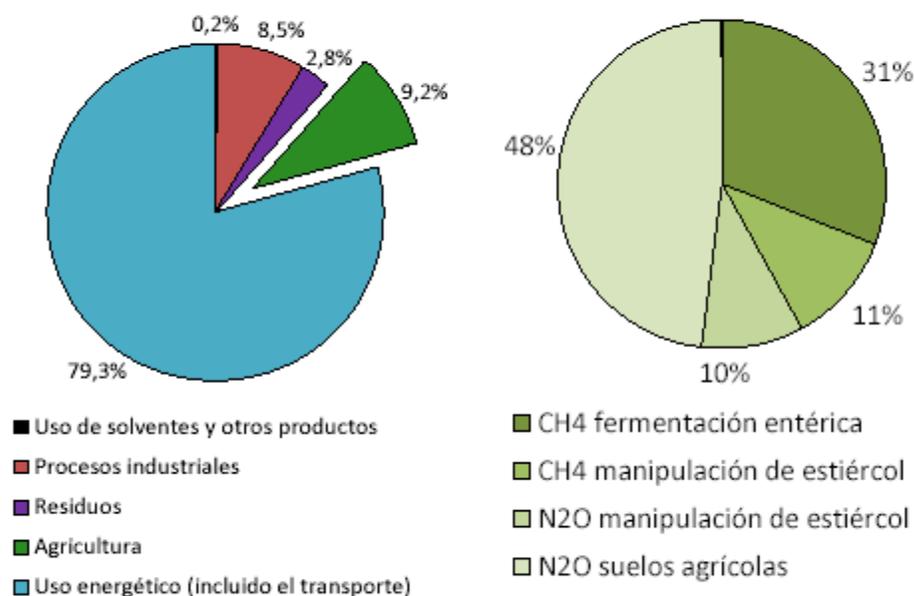
La variabilidad natural de las lluvias, de la temperatura y de otras condiciones del clima son los factores principales que explican la variabilidad de la producción agrícola, la que a su vez constituye uno de los factores principales para la falta de seguridad alimentaria. Algunas zonas del mundo son particularmente proclives a dicha variabilidad: el Sahel, el nordeste del Brasil, el Asia central y México, por ejemplo (FAO, 2011).

Efecto de la Ganadería sobre el CC

La agricultura no sólo es víctima del calentamiento del planeta, sino que también es un factor que contribuye a ello y es el medio de subsistencia para 1.300 millones de personas.

Estudios recientes en Europa muestran el desglose de los GEI y los que se corresponden con las emisiones de la agricultura (cuadro 1). Como se puede apreciar, el 9.2% de los GEI son aportados por este sector. Del total aportado el 48% es de óxido nitroso procedente de los suelos agrícolas y está vinculado con la utilización de fertilizantes orgánicos e inorgánicos. El restante 52% es debido a las emisiones procedentes del ganado: 31% de CH₄ derivado de la fermentación entérica, 11% de este mismo gas por manipulación de estiércol y el 10% restante N₂O también por manipulación de estiércol.

Cuadro 1: Desglose del total de emisiones de GEI y cuota de la agricultura en la UE-27 en 2007 (emisiones generadas por el ganado)



Fuente: Extrapolación sobre la base de los datos del informe técnico 4/2009 de la AEMA

Como se puede apreciar estas emisiones de GEI son el resultado de un conjunto de procesos biológicos inherentes al proceso metabólico y productivo del ganado, los cuales son variables, complejos y difíciles de controlar. Las emisiones de metano (CH_4) provienen de la fermentación entérica en los rumiantes (proceso que les permite digerir la celulosa) y del estiércol, mientras que la utilización de abonos orgánicos e inorgánicos en el suelo puede producir óxido nitroso (N_2O). El impacto y el potencial de reducción de esas dos emisiones de GEI, respectivamente 21 y 3,104 veces más fuertes que las de CO_2 , en términos de potencial de calentamiento, representan un gran reto para las actividades agrícolas.

Por otra parte, el pastoreo animal puede provocar por manejos inadecuados el deterioro de la fertilidad y calidad del suelo. Según Matthews (2008) cerca del 20 % de los pastizales se encuentran degradados a causa del sobrepastoreo, la compactación y la erosión. Al mismo tiempo, si consideramos que el suelo puede almacenar más carbono que el aire (Botero, 2011) su deterioro implicaría una pérdida de su capacidad para esta gestión. La cantidad de carbono contenido en el primer metro superficial del suelo se

eleva a 2,500 Gt (Pg), de los cuales 1,550 Pg están en forma de carbono orgánico y el resto, 950 Pg, en forma de carbono inorgánico. Por su parte, el carbono contenido en la vegetación es de 560 Pg (Anon, 2011). Por término medio, el contenido de carbono en el suelo, independientemente de la región terrestre en que se ubique, fluctúa entre 50 y 150 t ha⁻¹ (Lal, 2004). Estimados recientes sugieren una liberación neta de C en el trópico, debido a la deforestación, entre 0.42 y 1.60 Pg año⁻¹, de los cuales 0.1 a 0.3 Pg son debidos a disminución en la materia orgánica de los suelos.

Así mismo, la ganadería también puede influir en el ciclo del agua, la calidad y cantidad de los recursos hídricos y se considera por muchos como una de las principales fuentes de contaminación de las aguas por los desechos animales sin tratar, el uso de fertilizantes, hormonas y herbicidas.

La presencia de ganado en grandes extensiones de tierra y la demanda de cultivos forrajeros también contribuyen a la pérdida de biodiversidad. En la lista de 24 tipos de ecosistemas importantes, los estudios indican que hay 15 que se encuentran amenazados por esta causa (Matthews, 2008).

Es evidente que existe una estrecha vinculación y dependencia entre ganadería y cambio climático. A la luz de la situación actual y las perspectivas futuras es imprescindible que el sector ganadero contribuya favorablemente a las condiciones ambientales mediante la mitigación de las causas que provocan su efecto negativo en la emisión de GEI y debe de ir generando opciones viables para adaptarse a dicho cambio. A continuación se abordan algunos principios que deben considerarse para lograr alternativas viables para contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático.

Principios de manejo sostenible en áreas ganaderas para contribuir favorablemente al cambio climático

1. Conservar y mejorar la fertilidad y calidad de los suelos dedicados a la ganadería mediante la aplicación de prácticas de conservación de suelo, uso de sistemas silvopastoriles, la exclusión controlada del ganado en áreas frágiles, la implementación del pago por servicios ambientales en el uso del recurso suelo, preparación y siembra perpendicular a las curvas de nivel, evitar las quemas indiscriminadas y accidentales por su efecto nocivo a la biota edáfica.

2. Reforestación y aplicación en las diversas formas de sistemas agroforestales.
3. Uso eficiente de los recursos hídricos.
4. Contribuir e incentivar el uso de sistemas de producción que fomenten la biodiversidad y ciclos productivos completos.
5. Aplicación de tecnologías ganaderas que generen formas de producción amigables con el ambiente.
6. Fomentar el desarrollo local e incentivar el uso conjugado del conocimiento científico técnico y del acervo cultural de cada región en función de sus potencialidades.
7. Lograr sistemas de alimentación que disminuyan la producción de metano debido a los procesos biológicos del metabolismo de los rumiantes para reducir la fermentación intestinal y las consiguientes emisiones de metano.
8. Fortalecer las capacidades técnicas y la capacitación de los productores implicados en el sector.
9. Tratamiento a los residuales del ganado de manera que se logre adecuado reciclaje de nutrientes y uso eficiente de estos para mejorar los ciclos productivos, con menor emisión de óxido nítrico. Por ejemplo, producir biogás para reciclar el estiércol e instalación de plantas de tratamiento, producción de composta y lombricomposta.
10. Prácticas ganaderas que toleren la variabilidad del clima como la utilización de variedades de cultivos resistentes a la sequía.
11. Contar con metodologías eficaces para evaluar y dar seguimiento del impacto del manejo en los diferentes agroecosistemas ganaderos.
12. Poseer mecanismos que permitan a los productores conocer las predicciones meteorológicas y el uso de sistemas de alerta temprana para inundaciones y desastres naturales.
13. Manejo integrado de plagas y enfermedades en agroecosistemas locales.

Mitigación y adaptación al cambio climático. Conceptos y vías en la producción animal sostenible.

La capacidad de respuesta de un agroecosistema al riesgo ambiental se puede enfrentar a través de la mitigación de los efectos que producirá una determinada amenaza y la adaptación a ella (manejo de la vulnerabilidad).

La mitigación del cambio climático hace referencia a la intervención antropogénica para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero, mientras que la adaptación se refiere a los cambios necesarios para que el sistema productivo mantenga su sostenibilidad sobre la base de sus debilidades y posibles potencialidades ante el proceso de cambio climático.

Opciones de mitigación derivadas del uso de sistemas de producción ganaderos

Los sistemas de producción animal basados en praderas y pastizales, si son manejados acertadamente, pueden contribuir positivamente al ambiente ya que constituyen sumideros de carbono, conllevan a la protección de la biodiversidad, el almacenamiento de agua, así como a la prevención de incendios, inundaciones y la erosión de los suelos. Todo ello, hace que este sector posea potencialidades para mitigar el cambio climático. A continuación se mencionan algunas opciones que brinda la ganadería en este sentido.

Las praderas y los pastizales permanentes, a menudo situados en zonas marginales donde no es posible producir cultivos tradicionales, tienen un elevado potencial de sumidero gracias a la vegetación perenne y arbustiva y la secuestación del carbono en el suelo. Son, además, instrumentos naturales de prevención de riesgos como, por ejemplo, incendios, erosión e inundaciones.

El ganado en pastizales contribuye no sólo al desarrollo de las actividades económicas y sociales en las comunidades locales sino también al mantenimiento de la biodiversidad (Ibrahim *et al.*, 2007).

Los árboles y los arbustos en los pastizales son muy importantes ya que incrementan la producción de biomasa por unidad de área y crean un microclima favorable para los animales y la biota edáfica (Ruiz *et al.*, 2012 y Lok, 2011), mejoran la avifauna (Alonso, 2004) y actúan como rompe vientos contra la erosión (Murgueitio, 2010).

La mejora de la productividad animal puede fomentar la reducción de las emisiones por unidad producida ya que por ejemplo, una vaca que produce 8,000 litros de leche al

año emite menos GEI que dos vacas que producen cada una 4,000 litros de leche (30.8 g de metano/kg de leche respecto a 17.4 g) (Anon, 2012).

Según Galindo *et al.*, (2011), cambios en la dieta de los rumiantes como por ejemplo, la utilización de aditivos en los piensos como aceites específicos, taninos y otras sustancias (del 5-10%), o a través de una mejor selección de variedades de forrajes como *Tiftonia diversifolia*, pueden reducir la producción de metano. Aunque teóricamente hablando es posible reducir las emisiones, habrá siempre limitaciones fisiológicas. Además, se debería siempre preservar el bienestar y la salud de los animales.

La mejora en la aplicación de los estiércoles mediante vías adecuadas para su almacenamiento, técnicas de esparcimiento más apropiadas y la planificación de su utilización pueden contribuir a reducir las emisiones y permitir un superior uso de esos recursos valiosos para el suelo. También, el fomento de plantas de biogás para producir energías renovables a partir de estiércoles puede mitigar la emisión de óxido nitroso. De igual manera, pueden contribuir la producción de abonos orgánicos y el procesamiento de aguas.

En este mismo sentido, adaptar la ventilación en los sistemas de alojamiento del ganado, incluida la instalación de filtros para reducir la liberación de GEI en los grandes establos y la selección de razas que generan bajas emisiones de metano o de animales más resistentes al calor pueden ser alternativas para mitigar la emisión de GEI ya que la cría ecológica puede facilitar la reducción de las emisiones de GEI y aumentar la capacidad de retención de materia orgánica en el suelo, lo que permite un mayor almacenamiento del carbono y puede evitar la utilización de abonos minerales para así reducir las emisiones de N₂O.

Opciones para la adaptación derivadas del uso de sistemas de producción ganaderos

La adaptación al cambio climático convoca a la necesidad de que técnicos, funcionarios, campesinos y/o productores realicen cambios o ajustes en la forma de producir y logren una mejor habilidad para manejar el riesgo debido al cambio climático. Aspectos como cambios en el uso del suelo, infraestructura y nuevas estrategia de manejo de sistemas, diseño de nuevos escenarios, nuevos diseños de sistemas de

producción, incorporación del conocimiento local y estrategias participativas y avances científicos permitirán la adaptación al CC.

Algunas medidas que permiten reducir las pérdidas pueden ser la aplicación de tecnologías tales como barreras de contención, uso de especies tolerantes a la sequía, reforestación de laderas, reubicación de sistemas productivos o explotaciones energéticas en sitios de mayor seguridad entre otros.

En este contexto, se puede establecer como una premisa básica que es posible incrementar la producción agropecuaria, forestal y acuícola en América Latina y el Caribe (ALC) sin afectar la sostenibilidad de los ecosistemas y paisajes productivos, y a la vez garantizar la seguridad alimentaria y la calidad de vida de la población en ALC mediante el desarrollo de una ganadería “amigable”, en la que el término amigable sea usado para integrar el aprovechamiento racional y la conservación de los recursos naturales a través de estrategias que incorporen los avances de las ciencias y el conocimiento local de los productores.

La ganadería bovina en Latinoamérica, particularmente la extensiva, tiene una diversidad de sistemas en donde la mayoría incorpora la experiencia de los productores, con una fuerte carencia en servicios técnicos y financieros. Aunque la actividad ganadera puede considerarse como redituable en términos económicos, la realidad nos muestra esencialmente que la mayoría de los sistemas se basan en actividades marginales y que compiten por el uso del suelo.

Existen muchas opciones para adaptarse al cambio climático:

1. Uso de tecnologías ganaderas capaces de mantener o incrementar la productividad animal en un contexto de conservación y buen manejo de los recursos naturales. En este sentido, la agroecológica, la cultura orgánica y el enfoque agroforestal-silvopastoril, son estrategias que ya han sido validadas en múltiples escenarios ecológicos y sociales y han mostrado sus bondades en la conservación y en la oferta de servicios ambientales.
2. Implementar nuevos métodos y herramientas que sean adecuadas para cada tipo de productor y que incorporen la experiencia y el conocimiento local de los ganaderos. Al respecto, los campesinos y productores agropecuarios de muchas

partes del mundo tienen una inmensa riqueza de “conocimientos tradicionales” sobre como enfrentar la variación y los riesgos del clima, lo cual es necesario para generar procesos de vinculación y transferencia de experiencias exitosas.

3. Aplicación consecuente de prácticas como: mejoramiento de la gestión, cultivos genéticamente modificados, sistema de recomendación de fertilizantes, agricultura de precisión, mejoramiento de especies animales, mejoramiento nutricional de ganado, aditivos dietéticos e impulsores de crecimiento, aumento de fertilidad animal, fuentes de alimentación bioenergéticas, digestión anaerobia de lodos, sistemas de captura de CH₄, uso de aceites en ración alimenticia animal para eliminar metano CH₄.

En las condiciones climáticas actuales y previstas se requiere sin lugar a dudas de un redimensionamiento de la actividad ganadera, lo que es prácticamente equivalente a realizar un nuevo trazado de lo que puede y debe ser la ganadería. La presente estrategia es una variante propuesta por el Instituto de Ciencia Animal, Cuba.

Estrategia de aplicación para enfrentar el Cambio Climático en áreas de la Ganadería en Cuba

La adaptación de la ganadería resulta ser un tema de elevada dificultad porque de hecho la ganadería cubana no está adaptada a las condiciones climáticas actuales. La masa ganadera se caracteriza por poseer una resistencia limitada a los factores climáticos adversos (radiación solar, temperaturas, sequías y otros) y por no disponer de agua y alimentos suficientes durante una parte considerable del año. Esto da lugar a que la sociedad invierta una ingente cantidad de esfuerzos e insumos trasladando grandes rebaños a sitios donde la afectación es menos o pueden aprovecharse áreas de cultivo, creando centros de recuperación y llevando el agua desde las fuentes de abasto hasta los abrevaderos. Los últimos estudios realizados arrojan como resultado que el número de horas del día y de los meses del año con estrés térmico altamente desfavorable para el ganado crecerá inexorablemente durante todo el siglo XXI.

Parte de los principales impactos de estas condiciones climáticas en la ganadería son:

- Disminución generalizada de la disponibilidad de alimentos debido a la merma en la producción potencial de biomasa en los pastos y otros cultivos, especialmente

en la región oriental del país debido a la evolución de los paisajes cubanos, hacia ecosistemas más áridos y más susceptibles a los procesos de desertificación.

- Disminución en la disponibilidad de agua para el consumo directo por los animales y para otros usos de las tecnologías empleadas.
- Reducción de las condiciones de confort y salud de los animales de crianza.
- Afectación en la productividad del ganado en general por los aspectos anteriormente referidos y elevadas pérdidas por mortalidad.

Las debilidades y amenazas fundamentales de la ganadería

1. Situación de los suelos: Degradados y deteriorados, con salinidad y numerosos factores limitantes.
2. Deforestación sufrida en años de la república, a pesar que la relación entre reforestación y deforestación fue positiva en todo el territorio nacional en los últimos años, a pesar de las pérdidas ocurridas por desastres naturales o antrópicos, tales como el paso de los ciclones tropicales y los incendios forestales.
3. Insuficientes medios para la divulgación y capacitación a productores.
4. Agua: acceso y calidad.
5. Políticas que incentiven el uso de sistemas sostenibles
6. Sistemas de alerta meteorológica temprana.
7. Carencia de metodologías eficientes y viables para evaluar el impacto ambiental de las tecnologías y sistemas de producción ganadero aplicados.
8. Tratamiento inadecuado a los desechos y excretas de la producción agropecuaria.
9. Insuficientes incentivos y apoyo a estudios básicos, para la mejora genética de pastos, forrajes y genotipos ganaderos condicionados a diferentes variaciones climáticas.

Estrategia propuesta para lograr la adaptación al cambio climático de la ganadería en Cuba

1. Desarrollar estructuras para la extensión agraria basadas en la integración de equipos multidisciplinarios con especialistas diferentes instituciones nacionales y organizaciones para acometer acciones de transferencia tecnológica y formación de recursos humanos.
- 2- Utilizar tecnologías probadas por su eficiencia en la conservación y producción agropecuaria para valorar, analizar, fortalecer y adecuar bajo diferentes condiciones

edafoclimáticas hacia un enfoque de mitigación y adaptación al cambio climático a nivel local.

3. Disponer para el análisis local donde se desarrollan las tecnologías, de un Sistema Meteorológico para generar Sistemas Agrometeorológicos que permitan la homologación de las tecnologías mediante la evaluación de la respuesta de los diferentes elementos del sistema ante las variaciones climáticas.

4. Los tres elementos o herramientas anteriores se complementan y validan con la medición del impacto de las acciones realizadas y de la aplicación de cada tecnología en particular.

El empleo adecuado e interpretación de esta estrategia, cuyo centro es la no agresión ambiental no puede ser mecánica, contemplativa o naturalista. Por el contrario, requiere de la flexibilidad y del acertado análisis y participación de todos los actores, investigadores, decisores, y otros componentes del nivel local particular, ya que las condiciones imperantes pueden variar en todas direcciones con un contenido geográfico, climático, social, económico y cultural variado.

La sinergia de los componentes del sistema no puede ser correlacionada mecánicamente, cada parte requiere de su valoración. Ahora bien, la sinergia se logra a través de lo que hemos decidido en llamar " Raciocinio participativo". Esta terminología propia, fue primeramente empleada en el 2004 a raíz de un trabajo que desarrollamos en Naciones Unidas donde se propuso y aprobó en la Conferencia de las Partes 8 de la Convención Mundial de lucha contra la Desertificación y la Sequía relacionada con la formulación de una metodología integradora entre la degradación de tierra y la pobreza.

Retos

Son numerosos los retos que la ciencia, la técnica y los decisores de políticas poseen hoy, entre ellos se destacan:

- ✓ Fomentar la elaboración de instrumentos políticos adecuados, así como la realización de investigaciones e inversiones para lograr una reducción de las emisiones de GEI mejorando al mismo tiempo el potencial de producción animal.

- ✓ Concienciar las comunidades agrícolas mediante actividades de educación, formación, asesoramiento y demostración.
- ✓ La integración y la intensificación de los sistemas de control y vigilancia de las enfermedades animales para garantizar la detección precoz de brotes y mejorar la capacidad de adaptación.
- ✓ Establecer políticas de estímulo e inversión que faciliten la articulación de manejos ambientales con el desarrollo productivo, para lo que es necesario mayor convergencia entre los Ministerios de Agricultura y los Ministerios de Medio Ambiente en todos los países de la región. El pago a los productores, por servicios ambientales generados por los sistemas productivos, puede ser una opción para promover el desarrollo ganadero sostenible.
- ✓ Avanzar en el diseño y evaluación de sistemas de producción sustentable para diferentes agroecosistemas, sobre la base de la información técnica de los componentes ambientales, productivos, sanitarios, tecnológicos, de costos y mercados en las diferentes regiones.
- ✓ Fomentar, establecer y estandarizar los procesos de ordenamiento, zonificación y planificación de la producción en los programas de desarrollo rural y territorial, con el fin de impulsar el desarrollo de sistemas ganaderos sustentables. Su fundamento debe ser la información generada en los estudios de cada escenario y en los criterios e indicadores de sostenibilidad y productividad según el contexto socio-económico y productivo de cada región. La descentralización, la participación de comunidades y actores locales, así como el fortalecimiento institucional y de capacidades locales es un requisito para la promoción del desarrollo sostenible.

Conclusiones

Las condiciones sociales, económicas, políticas, tecnológicas y productivas en que se desarrollan la ganadería, la evidente variación de las condiciones climáticas que son determinantes para la manifestación de las potencialidades productivas de los componentes de estos sistemas, y el efecto que a su vez tiene la producción ganadera en el ambiente indican que en el contexto actual son muchos los retos a los que se enfrenta

este sector en nuestra región. La información brindada muestra que existen alternativas de manejo y explotación de estos agroecosistemas basadas en principios agroecológicos que pueden permitir su desarrollo sustentable de manera amigable con el ambiente. Por otra parte, la generación de estrategias locales que permitan el cambio y progreso productivo y ambiental de estos sistemas es una tarea de primer orden y se están dando los primeros pasos en este sentido en la región. Así mismo, la voluntad política, la integración ciencia-tecnología-producción, la descentralización de decisiones y políticas para fomentar el progreso local sobre la base de sus potencialidades son elementos esenciales para conseguir una interrelación adecuada entre ganadería y el ambiente. Todo ello evidencia que, la reorganización y redimensionamiento de esta actividad deberá ser el fundamento para lograr la adaptación y mitigación al cambio climático.

Recomendaciones

Se recomienda la reorganización y redimensionamiento de la actividad ganadera, continuar divulgando los avances en el conocimiento de los efectos e interrelaciones entre cambio climático y ganadería, estandarizar y establecer mecanismos de control y seguimiento del efecto del manejo en los procesos asociados a la sostenibilidad del sector agropecuario y aunar esfuerzos entre instituciones, estados y todos los actores involucrados en la gestión y explotación de estos sistemas como vía para conseguir la adaptación y mitigación al cambio climático.

Bibliografía

- Anon, 2011.** El dióxido de carbono, emisiones y sumideros. En línea: <http://www.homepage.mac.com/uriarte/caracteristicasco2.html>. Consultado: Marzo 2011.
- Anon, 2012.** Documentos del Copa-Cogeca sobre el cambio climático FICHA TÉCNICA. La ganadería y el cambio climático. Consultado en: www.Copa-Cogeca.eu. Fecha de consulta: 14/5/2012.
- Botero J. A. 2011.** Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de Carbono. En línea: <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4435S/y4435s07.htm>. Consultado: Abril, 2011.
- FAO (2009),** "Evaluación de la Degradación del Suelo en Zonas áridas (LADA, por sus siglas en inglés). Informe presentado al Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) e Información Mundial del Suelo (ISRIC). Sitio de consulta: <http://www.fao.org>. Fecha de consulta: 23/6/2010.

Febles, G., Galindo, J. y Herrera, R. 2010. Estrategia desarrollada por el instituto de ciencia animal para abordar la adaptación y mitigación al cambio climático en áreas de la ganadería cubana. III Congreso de Producción Animal Tropical. Capacitar y producir en un ambiente seguro. Mesa Redonda: Cambio Climático. Memorias CD-Room. ISBN: 978-959-7171-31-7. Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba.

Galindo, J. 2010. Comunicación interna. Departamento de Fisiología. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba.

Lok, S., Fraga, S. Noda, A. y Garcia, M. 2011. Almacenamiento de carbono en el suelo en sistemas ganaderos tropicales en explotación con ganado vacuno. RCCA. En proceso de arbitraje.

Matthews, Ch. 2008. La ganadería amenaza el medio ambiente. <http://www.cambioclimatico.org>

Alternativas tecnológicas para el desarrollo ganadero sostenible como vías para adaptarse al cambio climático

Sandra Lok Mejias

Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central Km 47 ½, San José de las Lajas,
Mayabeque, Cuba. slok@ica.co.cu

Resumen

Una de las vías para lograr la adaptación al cambio climático en los sistemas ganaderos, puede ser la adecuación a cada zona de tecnologías ganaderas con probadas posibilidades para mantener la estabilidad productiva y que no sean agresivas con el ambiente. En el Instituto de Ciencia Animal, de Cuba, se han implementado más de 30 tecnologías encaminadas a este propósito, entre las que se destacan aquellas asociadas con el uso de árboles, leguminosas y bancos de biomasa, las cuales no solo han mostrado sus posibilidades para incrementar la producción de biomasa y garantizar la alimentación del ganado en cantidad y calidad, sino que también evidencian sus potencialidades de tener impactos positivos en los indicadores edáficos y en la captura de carbono. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue mostrar la experiencia cubana en el uso de varias tecnologías ganaderas capaces de mejorar ecológica y productivamente estos agroecosistemas e influir positivamente en la adaptación al cambio climático. Se describen las tecnologías, se señalan los indicadores que pueden servir para su seguimiento y control y se evalúa el impacto de estas tecnologías en el sistema suelo-planta.

Palabras clave: cambio climático, adaptación, tecnologías ganaderas, indicadores, impacto

Introducción

A pesar de los esfuerzos realizados en diversos cónclaves internacionales en la búsqueda de soluciones y políticas que permitan combatir y enfrentarse al cambio

climático, el planeta ha continuado deteriorándose. Los fenómenos de la desertificación y la degradación de las tierras, la contaminación de las aguas, los suelos y la atmósfera, la

pérdida de la diversidad biológica, el agotamiento de la capa de ozono, la deforestación, el recalentamiento del planeta y otros nos han conducido a una encrucijada de nuestra propia existencia.

Por otra parte, se prevé que la intensificación sostenible de la producción puede ser una respuesta al cambio climático en algunos agroecosistemas intervenidos, si se acompaña de un conjunto de políticas, incentivos y tecnologías que permitan y/o promuevan un uso racional intensivo y sostenible de los recursos naturales para asegurar alimentos a nivel local y nacional, en el marco de una producción económica y ambientalmente viable.

En este sentido, la actividad ganadera se considera una de las principales emisoras de gases de efecto invernadero, debido a que es la principal fuente de producción de CH₄, el cual es 23 veces más poderoso que el CO₂ y ha duplicado sus concentraciones atmosféricas en los últimos años. Alrededor del 85% de este metano se produce en el proceso digestivo de los animales de producción. El 15% adicional de las emisiones de metano de la agricultura animal se produce por las áreas de desechos sin tratar de animales en producción, las cuales son fuente de contaminación del agua.

Una de las alternativas eminentes para reducir los efectos del cambio climático en la ganadería, y que influye tanto en la mitigación como en la adaptación a este proceso puede ser la aplicación de tecnologías que han probado su eficiencia y posibilidades para mantener la estabilidad ecológica y productiva de los agroecosistemas ganaderos. Entre ellas, el uso de sistemas silvopastoriles, bancos de biomasa, el uso de asociaciones de gramíneas y leguminosas, barreras de contención, uso de especies tolerantes a la sequía, reforestación de laderas, reubicación de sistemas productivos o explotaciones energéticas en sitios de mayor seguridad entre otros.

Por ello, el objetivo del presente trabajo fue documentar la experiencia cubana en el uso de varias tecnologías ganaderas capaces de mejorar ecológica y productivamente estos agroecosistemas e influir positivamente en la adaptación al cambio climático.

Desarrollo

En Cuba, el cambio climático es una amenaza a los sistemas ganaderos. El 70% de los suelos, posee problemas de fertilidad, las afectaciones por los eventos meteorológicos, en especial los huracanes que atraviesan el territorio es una amenaza permanente, ha subido la temperatura, las sequías son más intensas y solo el 25,7% del territorio está cubierto por áreas boscosas.

La ubicación geográfica del Archipiélago cubano, su condición insular y la fragilidad de sus ecosistemas hace que sea altamente susceptible a peligros naturales que provocan impactos negativos, se incrementará el nivel del mar, alta susceptibilidad a ciclones tropicales, ocurrencias de sequías más frecuentes y severas que se reflejan en la primera mitad del periodo lluvioso y segunda del poco lluvioso, mayor incidencia de eventos extremos como grandes precipitaciones, tormentas locales severas e inundaciones, disminución en los recursos de agua dulce e incremento de la temperatura superficial del aire entre 0.4 – 0.6 C° con aumento de las mínimas nocturnas en el orden de 1.5 °C.

Por otro lado, el desarrollo de una estrategia para enfrentar el cambio climático en áreas de la ganadería cubana debe considerar un grupo de elementos y situaciones entre los que destacan el hecho de que la ganadería cubana no está adaptada a las condiciones climáticas actuales. La masa ganadera se caracteriza por poseer una resistencia limitada a los factores climáticos adversos (radiación solar, temperaturas, sequías y otros) y por no disponer de agua y alimentos suficientes durante una parte considerable del año. Esto provoca que la sociedad invierta una ingente cantidad de esfuerzos e insumos trasladando grandes rebaños a sitios donde la afectación es menos o pueden aprovecharse áreas de cultivo, creando centros de recuperación y llevando el

agua desde las fuentes de abasto hasta los abrevaderos. Los últimos estudios realizados arrojan como resultado que el número de horas del día y de los meses del año con estrés térmico altamente desfavorable para el ganado crecerá inexorablemente durante todo el siglo XXI.

Así mismo, el sector cooperativo y campesino posee el 82% de la masa ganadera y produce más del 70% de los principales alimentos (granos, leche y carne). Menos del 7% emplean fertilizantes químicos, menos del 10% emplean plaguicidas, la siembra de árboles de diferentes propósitos es una práctica con un gran auge actual y la integración agricultura-ganadería con bases agroecológicas, aseguran el cambio de paradigma en una nueva agricultura más endógena, más adecuada a las potencialidades y realidades de los ecosistemas, socio-económica, técnico productiva y ambiental existente que puede convertirse en modelo de producción de alimentos sanos para los países del área.

Relacionado con ello, el Instituto de Ciencia Animal, creado 45 años atrás, ha generado en el transcurso de estos años un grupo de tecnologías que garantizan la productividad y racionalidad de los sistemas ganaderos. Algunas de estas tecnologías han probado, tras años de evaluación sistemática, su eficiencia en este sentido. Además, se han obtenido resultados relevantes al evaluar plantas forrajeras con posibilidades para disminuir la metanogénesis ruminal, algunas de las cuales aún no forman parte de una tecnología para la producción pero se encuentran en fase de estudio.

Por ello, el objetivo del presente trabajo es brindar información acerca del impacto de estas tecnologías en el sistema suelo-planta-animal y su repercusión en la adaptación al cambio climático.

Entre las tecnologías ganaderas que mayores potencialidades expresaron para contribuir positivamente al ambiente y a la estabilidad productiva de los agroecosistemas ganaderos se encuentran: silvopastoreo intensivo con *Leucaena leucocephala* para la producción de leche y carne, asociación de pastos mejorados con una mezcla de

leguminosas rastreras para la producción de carne, banco de biomasa con *Pennisetum purpureum* vc. CT-115. A continuación se describen las características generales de cada una de estas tecnologías y los principales resultados de impacto ambiental y productivo generados a partir de su evaluación y seguimiento sistemático.

1. Descripción general de la tecnología silvopastoril basada en *Leucaena leucocephala* en asociación gramíneas para la producción de leche y carne.

Entre las leguminosas forrajeras, las arbustivas tienen como ventaja que son más persistentes que las herbáceas, además de permanecer verdes aún en condiciones de sequía. Entre las más comunes la *Leucaena leucocephala* ha demostrado una amplia adaptación al medio ambiente y una gran variedad de usos. Compite con otras especies por poseer una combinación única de atributos (Shelton, 1996).

Leucaena leucocephala, al igual que muchas especies arbóreas es lenta en su establecimiento en comparación con otras especies herbáceas. En muchos lugares del trópico las plantaciones no pueden ser consideradas como establecidas para ser explotadas hasta después de 12 a 18 meses de sembradas o aún más. Las pequeñas plántulas son muy vulnerables a la competencia con las malezas, destrucción y defoliación durante el período de establecimiento debido a entradas anticipadas de animales a las áreas de siembra, ataque de plagas y enfermedades u otras causas.

La preparación de suelo para la siembra de esta leguminosa puede ser de dos formas. En un caso se realiza preparando el área total a sembrar y en el otro caso en franjas si la siembra se va a efectuar sobre pastizales naturales o mejorados establecidos (Ruiz y Febles, 1987). Independientemente del sistema que empleemos las plántulas deben estar en condiciones favorables para competir con las malezas, por lo que el lecho de siembra debe quedar bien mullido. Cuando el técnico selecciona la preparación en franja debe valorar la población del área de pasto que no vamos a preparar para determinar si es necesario realizar en ella alguna labor mecánica o química para la rehabilitación de la misma.

Es imprescindible mantener la vigilancia en el comportamiento de las malezas durante los primeros 90 días posteriores a la emergencia de la leguminosa.

El tratamiento a la semilla y la inoculación son también aspectos esenciales a considerar en la siembra de esta leguminosa.

En Cuba, las investigaciones de Ruiz *et al.*, (1985) mostraron que las mejores profundidades en suelo latosólico fue de 2 cm y en pardo tropical entre 2 y 4 cm mientras que las peores germinaciones y emergencias ocurren cuando la siembra fue superficial.

La dosis de siembra depende de la densidad poblacional que se requiere disponer en el campo, el peso y la viabilidad de la semilla, así como por la distancia entre surcos y la supervivencia. La dosis de siembra en condiciones de precipitación puede variar entre 0.5 y 5 kg/ha de semilla en dependencia del lecho de siembra y la distancia. Ruiz y Febles (1987) plantean que los mejores resultados se alcanzan sembrando surcos dobles a 0.70 m entre si espaciados 3 m y sembrando la semilla a 0.50 por golpes.

En estudios sobre el establecimiento de la Leucaena, Ruiz *et al.*, (1996) recomiendan sembrar cuando esta planta tenga 8-9 cm de altura; 3 ó 4 surcos de una gramínea rastrera separados entre ellos a 0.60 m a vuelta de arado, en el centro de la calle, entre las hileras de leucaena sembrada a 4 m de distancia.

La tecnología establece la siembra paulatina del área del rancho, la que puede cubrir hasta el 100% de este. A partir del 30% del área se manifiestan incrementos significativos en las producciones de leche. Estas siembras se realizan anualmente y permiten el manejo del sistema de modo que se les pueda dar el reposo necesario para el establecimiento de leucaena. Para su adecuado manejo y explotación es imprescindible el buen acuartonamiento.

Una vez establecido el pastizal, puede soportar 2.7 animales/ha y se efectúan rotaciones aproximadamente cada 57 y 28 días en la época poco lluviosa y lluviosa, respectivamente.

Impacto ambiental y productivo

Se realizó la evaluación sistemática por 3 años de dos pastizales con sistemas silvopastoriles similares por sus componentes vegetativos, pero ubicados en diferente tipo de suelo: a) silvopastoril basado en *Leucaena leucocephala/Panicum maximum* en suelo Ferralítico Rojo hidratado (Oxisol), con seis años en explotación. b) silvopastoril basado en *Leucaena leucocephala/Panicum maximum* en suelo Ferralítico Rojo lixiviado (Andisol) con cinco años en explotación.

De la vegetación fueron medidos 50 indicadores, entre los que estuvieron la composición botánica, la densidad y frecuencia de las especies, la altura, la disponibilidad de biomasa, muerte y aparición de especies y la composición química del pasto.

Se determinaron 70 indicadores del suelo que fueron evaluados para tres profundidades (de 0 a 15, de 16 a 30 y a más de 30 cm) entre los que estuvieron textura, estructura, resistencia a la penetración, Valor n, humedad, pH, materia orgánica, contenido de nutrientes, fitomasa subterránea (0-7, 8-14, 15-21, 22-28, 29-35, 36-42, 43-49, 50-56 cm), mesofauna y macrofauna (de 0 a 10 y de 10 a 20 cm de profundidad).

Los indicadores evaluados, tanto para el suelo como para la vegetación y los métodos utilizados se señalan en la tabla 1.

Tabla 1. Indicadores estudiados y método utilizados para su evaluación.

Vegetativos	Edáficos
<ul style="list-style-type: none"> • Composición botánica (t'Mannetje y Haydock, 1963). • Disponibilidad de biomasa (Haydock y Shaw, 1975). • Altura del pasto. • Composición química: FND, FAD, lignina, celulosa, PB, Cenizas, P y Mg (AOAC, 1995). • Frecuencia de aparición de las especies (Huss <i>et al.</i> 1996). • Densidad por especie (Huss <i>et al.</i> (1996)). • Conteo de individuos por especie. • Cobertura vegetal y suelo desnudo (Huss <i>et al.</i> 1996). • Aparición y muerte de especies. • Puntos de enraizamiento (Lok, 2005). • En especies de crecimiento en macollas se midió (<i>P. maximum</i>): <ul style="list-style-type: none"> ➤ plantas m². ➤ Diámetro de las macollas. ➤ Número de hijos vivos. ➤ Número de hijos muertos. ➤ Ancho de la hoja. ➤ Longitud de la hoja. • En <i>L. leucocephala</i>: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Altura. ➤ Diámetro del tallo. ➤ Diámetro de la copa. ➤ Número de ramas. ➤ Densidad por hectárea. • Biodiversidad (N, E, S, H') (Anon, 2001). 	<p><u>Físicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Textura (Método de Bouyucous, (Martín y Cabrera, 1987). • Estabilidad estructural (Kaurichev, 1984) • Coeficiente de estructura en húmedo (CE) (Kaurichev, 1984) • Coeficiente de estructura en seco (K) (Mbagwu et al. 1983) • Distribución de los agregados en seco y en húmedo (Martín y Cabrera, 1987) • Coeficiente de estructura en húmedo (CE) y en seco (K) (Kaurichev, 1984). • Microestructura (Método de Bouyucous, Martín y Cabrera, 1987). • Resistencia a la penetración (Penetrómetros). • Humedad natural y humedad higroscópica (Martín y Cabrera, 1987). • Valor n (Alonso, 1997) • Índice de plasticidad, límite inferior de plasticidad y límite superior (Martín y Cabrera, 1987). <p><u>Químicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • N (AOAC, 1995). • P (Oniani, 1964). • Ca y Mg (Maslova, citado por Paneque, 1965). • pH (Potenciométrico). • Materia orgánica (Walkley y Black, citado por Jackson, 1970). <p><u>Biológicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Composición y biomasa de la mesofauna y de la macrofauna (Fjellberg (1998) y Springett (1981). • Fitomasa subterránea (Hernández et al., 1999). • Biodiversidad (N, E, S, H') de la fauna edáfica (Anon, (2001).

En el pastizal silvopastoril con seis de explotación, ubicado en un suelo Ferralítico Rojo hidratado, de 50 indicadores de la vegetación se seleccionaron 5 (tabla 2), entre los cuales los de mayor peso fueron la densidad de guinea, la cobertura de la vegetación y el suelo desnudo, los cuales tuvieron correlación lineal entre si.

Tabla 2. Indicadores de la vegetación seleccionados el pastizal silvopastoril con seis años en explotación y su rango de valores de confianza calculados para el 95% de probabilidad.

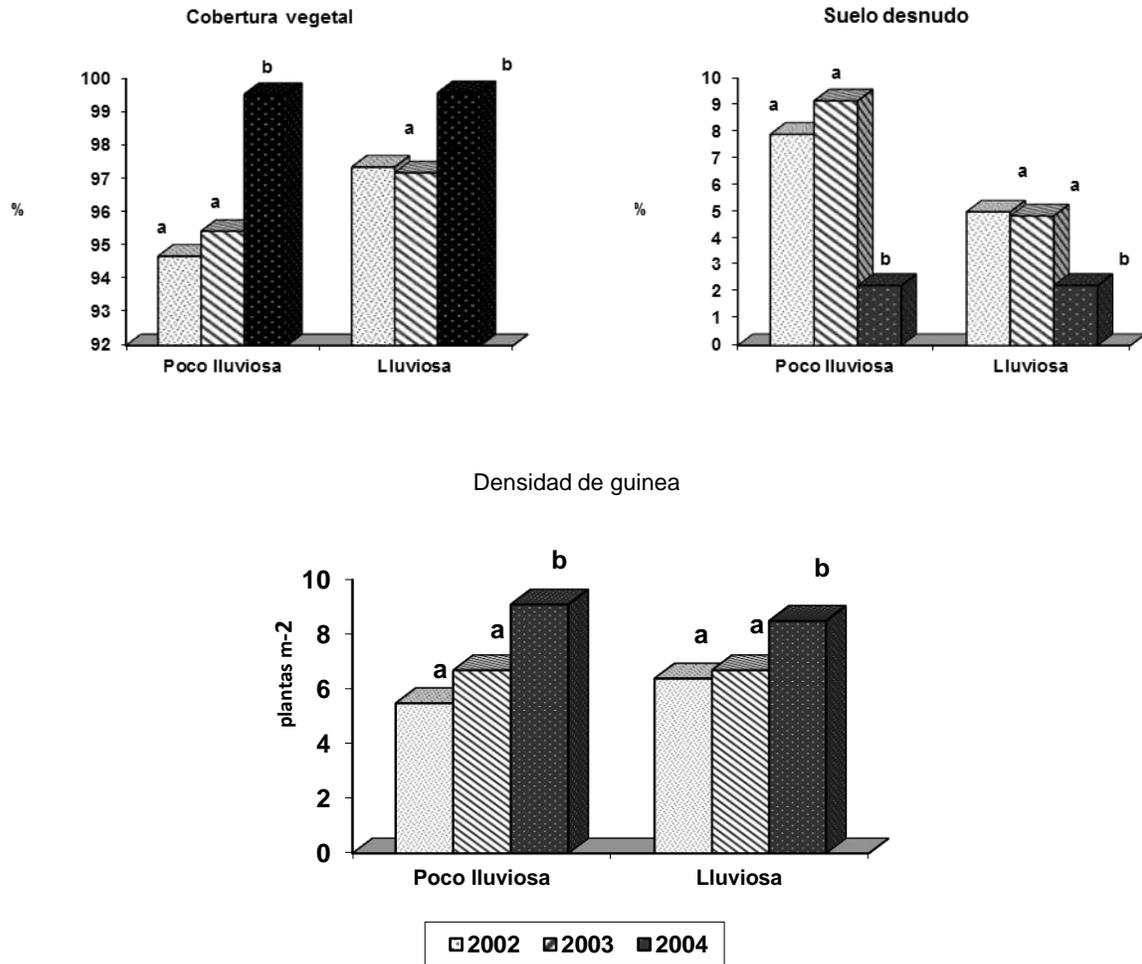
Indicador		Valores
Densidad de guinea (plantas m ⁻²)	Poco lluviosa	8.6 – 9.5
	Lluviosa	7.9 – 9.0
Cobertura vegetal (%)	Poco lluviosa	99.4 – 99.6
	Lluviosa	99.5 – 99.6
Disponibilidad total de biomasa (t MS ha ⁻¹)	Poco lluviosa	5.4 – 6.3
	Lluviosa	6.0 – 7.1
Suelo desnudo (%)	Poco lluviosa	2.20 – 2.29
	Lluviosa	2.21 – 2.28
Hijos muertos de guinea (cantidad planta ⁻¹)	Poco lluviosa	48.87 – 49.72
	Lluviosa	31.89 – 32.50

La cobertura vegetal, la densidad de plantas de guinea y el suelo desnudo mostraron diferencias significativas entre años (figura 1). En ambas estaciones climáticas, tanto la cobertura vegetal como la densidad de guinea, fueron similares los dos primeros años, pero se incrementaron significativamente en el último año. Por su parte y en correspondencia con este resultado, el área de suelo desnudo se redujo significativamente el último año, con valores cercanos a 3% en ambas estaciones climáticas. Durante la estación lluviosa se presentaron los mayores valores de cobertura vegetal y los menores de suelo, lo cual pareció deberse a la acción combinada del adecuado manejo a que se somete y a la influencia favorable de las condiciones

climáticas para el comportamiento vegetativo durante esta estación, que permitieron a este componente del sistema manifestar sus potencialidades productivas, debido a la mejor conjugación de factores como las precipitaciones, la radiación y la calidad de la luz (Funes y Ronda, 1980; Hernández, 1989; Pozo, 1992) y los correctos tiempos de ocupación, reposo y estancia, así como presiones de pastoreo acorde a sus posibilidades (Senra, 1996).

El comportamiento de estos indicadores estuvo definido, principalmente, por el incremento paulatino de la densidad de *P. maximum*, el cual manifestó un ascenso entre años para cada época estacional y llegó a alcanzar 9.1 y 8.5 plantas m⁻² en la época poco lluviosa y en la lluviosa del 2004, respectivamente. Este comportamiento puede ser positivo para mantener la estabilidad productiva del sistema silvopastoril, debido a que *P. maximum* constituye el pasto base, y debe ser un objetivo básico en el manejo lograr su persistencia y dominancia en el pastizal. Estos resultados indicaron que se logró potenciar, positivamente, el lugar de la guinea en el sistema, en ambos periodos estacionales.

En el suelo, de 70 indicadores evaluados, se seleccionaron 19 (9 físicos y químicos y 10 biológicos), tal como se muestra en la tabla 2 y 3. El indicador que mayor peso tuvo en la explicación de la variabilidad del sistema edáfico fue la “distribución de los agregados en húmedo”, específicamente entre 1 y 5 mm, cuyo comportamiento se reflejó en la estabilidad estructural (figura 2).



Letras diferentes entre columnas, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

Figura 1. Comportamiento de la cobertura vegetal, el suelo desnudo y la densidad de guinea en el pastizal silvopastoril con seis años en explotación.

Tabla 2. Rangos de valores que indican estabilidad para los indicadores físicos-químicos del suelo seleccionados en el pastizal silvopastoril, con seis años en explotación, en un intervalo de confianza de 95% de probabilidad.

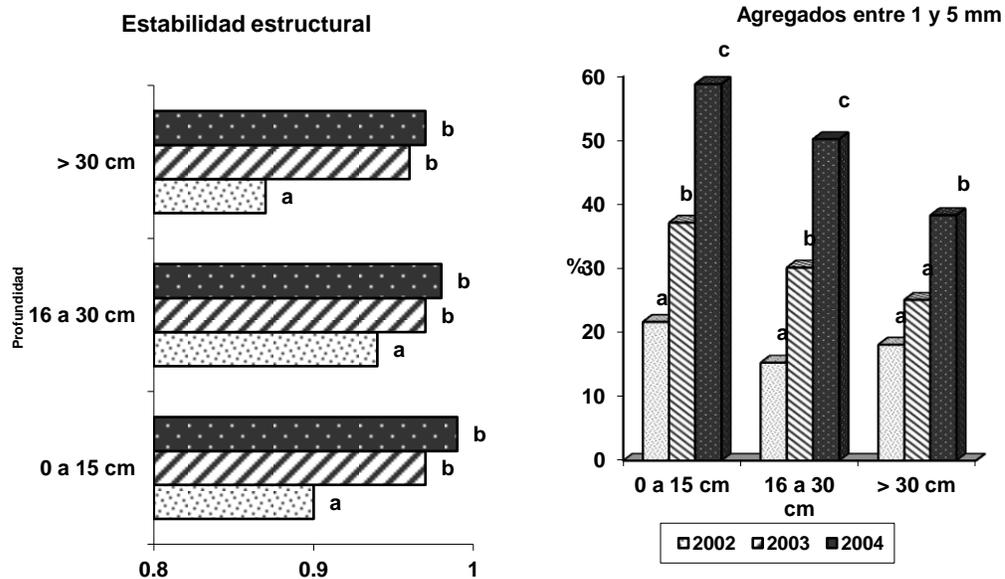
Indicador	Valores
Agregados en húmedo < 1 mm (%)	10.66 – 10.81
Agregados en húmedo > 5 mm (%)	28.94 – 29.17
Agregados en húmedo entre 1 y 5 mm (%)	58.76 – 58.91

Estabilidad estructural	0.94 – 1.00
Agregados en seco entre 1 y 2 mm (%)	37.94 – 38.09
Agregados en seco entre 3 y 5 mm (%)	33.74 – 33.85
Agregados en seco > 10 mm (%)	20.30 – 20.53
Valor n	0.24 – 0.27
Humedad natural (%)	29.92 – 30.03

Tabla 3. Rangos de valores que indican estabilidad para los indicadores biológicos del suelo seleccionados en el pastizal silvopastoril, con seis años en explotación, en un intervalo de confianza de 95% de probabilidad.

Indicador	Época o profundidad	Valores
Fitomasa subterránea de 35 a 42 cm (g 100 cm ⁻³)	Poco lluviosa	0.64 – 0.79
	Lluviosa	0.61 – 0.78
Fitomasa subterránea de 42 a 49 cm (g 100 cm ⁻³)	Poco lluviosa	0.72 – 0.91
	Lluviosa	0.69 – 0.86
Fitomasa subterránea de 49 a 56 cm (g 100 cm ⁻³)	Poco lluviosa	0.57 – 0.78
	Lluviosa	0.50 – 0.71
Total de individuos de la macrofauna (Inv., m ⁻²)	Poco lluviosa	65.02 – 66.89
	Lluviosa	110.94 – 112.41
Himenópteros	Poco lluviosa	30.24 – 30.39

(Inv, m ⁻²)	Lluviosa	30.26 – 33.37
Ácaros (Inv, m ⁻²)	Poco lluviosa	5.94 – 8.45
	Lluviosa	8.06 – 10.57
Insectos (Inv, m ⁻²)	Poco lluviosa	9.33 – 10.66
	Lluviosa	12.31 – 13.29
Total de individuos de la mesofauna (Inv, m ⁻²)	Poco lluviosa	15.36 – 17.99
	Lluviosa	18.98 – 21.01



Letras diferentes entre columnas, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

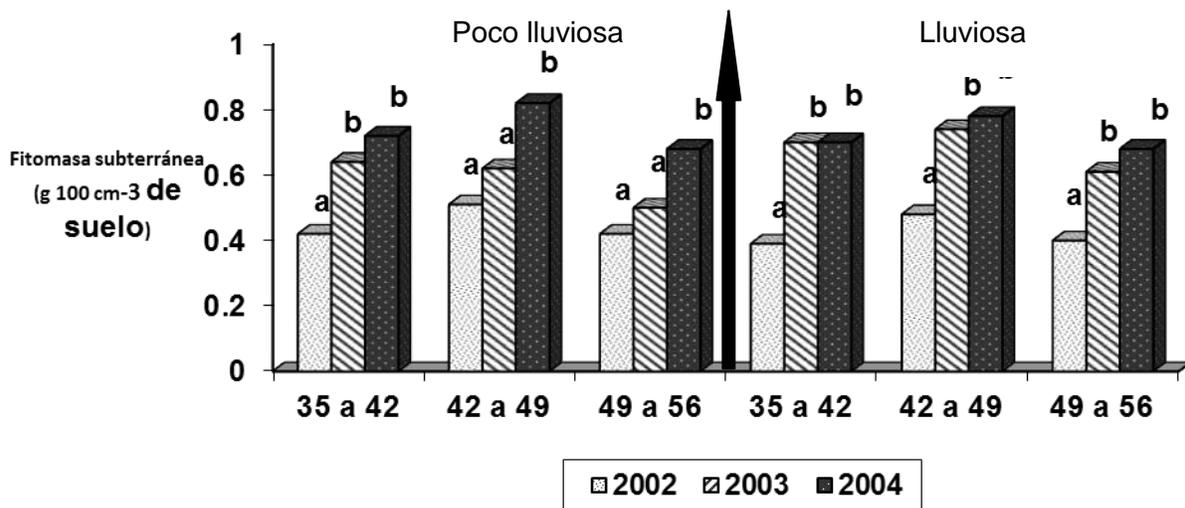
Figura 2. Comportamiento de la estabilidad estructural y la distribución de agregados en húmedo en el pastizal silvopastoril con seis años en explotación

La distribución de agregados, en húmedo, indicó una tendencia a la mejora paulatina de las condiciones estructurales en estado húmedo, ya que los agregados entre 1 y 5 mm de diámetro se incrementaron con los años, con valores superiores en la profundidad de 0 a 15 cm (tabla 1). Cuando estos agregados se encuentran entre 25 y 50% el suelo, tal como es el caso, mantiene condiciones estructurales óptimas de aireación (Ferrerías *et al.*, 2000). A medida que se incrementan estos agregados el suelo aumenta su valor agronómico, ya que indican menos existencia de estructuras masivas, mejor porosidad de aireación y mayor límite inferior de plasticidad, todo lo cual causa un aumento del tiempo de tempero.

La estabilidad estructural (ES), en su estado inicial de evaluación, mostró condiciones adecuadas y fue incrementándose ($P < 0.001$) con los años, por lo que se reafirman las buenas características estructurales del suelo. De igual forma el “Valor n” señaló que el suelo se puede utilizar por el ganado, ya que soporta gran peso, por tener valores inferiores a su valor crítico. Según Fitz-Patrick (1985) y Alonso (1997), el valor

crítico de esta variable es de 0.7 a 1.0 y en él no puede laborarse o usarse para el ganado, porque induciría a la compactación del suelo. El Valor n calculado para los diferentes contenidos de humedad, disminuyó en todos los casos con el tiempo de explotación, lo que indicó que el tipo de pastizal contribuye a la mejora paulatina de este indicador.

Por su parte, entre los indicadores biológicos, la “fitomasa subterránea” fue la de mayor peso en la explicación de su variabilidad y estuvo descrita por los indicadores de la fitomasa subterránea comprendidos entre 28 y 56 cm de profundidad (figura 3). El sistema se caracterizó por el incremento de este indicador para ambas épocas climáticas, en esta profundidad, siendo mayor para las profundidades de 35 a 42 y de 42 a 49 cm. Además, este pastizal mostró tendencia al aumento de la fitomasa subterránea a profundidades superiores a 5 cm, lo que reafirma las posibilidades de estos sistemas de explorar el suelo a mayores profundidades. Esto concuerda con la planteado por Ruiz y Febles (1999) y Benavides (2003) quienes sugieren que estos sistemas, por las características radicales de los árboles y arbustos, pueden tomar agua y nutrientes a mayores profundidades y mejorar la actividad biológica.



Letras diferentes entre columnas, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

Figura 3. Comportamiento de la fitomasa subterránea en el pastizal silvopastoril con seis años en explotación.

Por su parte, el pastizal silvopastoril con cinco años en explotación, ubicado en un suelo Ferralítico Rojo lixiviado, de 50 indicadores se seleccionaron 7 (tabla 3), entre los cuales los de mayor relevancia fueron la densidad y frecuencia de *Sporobolus indicus* (espartillo), porcentaje de leguminosas, densidad de guinea, disponibilidad total de biomasa, la presencia de pastos naturales y el comportamiento de diámetro de la copa de leucaena.

Tabla 3. Indicadores de la vegetación seleccionados el pastizal silvopastoril con cinco años en explotación, su comportamiento y rango de valores de confianza calculados para el 95% de probabilidad.

Indicador		Valores
Leguminosas, (%)	Poco lluviosa	2.7 – 2.4
	Lluviosa	6.1 – 6.6
Densidad de guinea, (%)	Poco lluviosa	7.9 – 8.2
	Lluviosa	7.7 – 8.3
Disponibilidad total, (t MS/ha)	Poco lluviosa	5.68 – 7.21
	Lluviosa	6.69 – 7.96
Altura de la macolla	Poco lluviosa	61.34 – 62.92
	Lluviosa	87.56 – 89.31
Frecuencia de pastos naturales, (%)	Poco lluviosa	18.1 – 23.5
	Lluviosa	15.2 – 20.6
Densidad de pastos naturales (plantas m ⁻²)	Poco lluviosa	1.0 – 1.7
	Lluviosa	0.5 – 0.86
Diámetro de la copa, (m)	Poco lluviosa	1.5 – 1.7
	Lluviosa	1.72 – 1.86

La densidad y frecuencia de aparición de espartillo no se pudo someter al análisis estadístico porque sólo fue registrado en la época lluviosa de los dos primeros años, lo

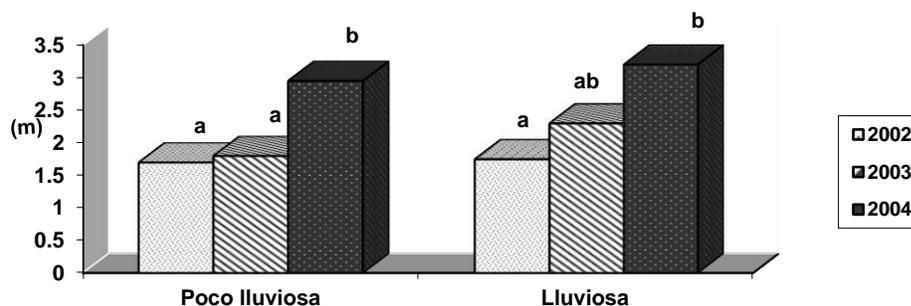
cual debió ser el elemento determinante en su selección como variable de gran variabilidad.

Las leguminosas estuvieron representadas por *Desmodium ovalifolium* (desmodium) cuya presencia en el pastizal fue disminuyendo hasta desaparecer de la composición botánica en la época lluviosa del año 2004, mientras que la densidad de guinea se incrementó, con respecto al primer año (figura 4). Este comportamiento pareció estar relacionado con la presencia de leucaena y el adecuado manejo del pastizal, lo que contribuyó al fomento de la guinea como pasto base y la eliminación de otras especies menos deseables como por ejemplo: *Sporobolus indicus* (espartillo), *Sida acuta* (malva), *Commelina difusa* (canutillo) y *Dichanthium annulatum* (pitilla). Harvey et al. (2000) y Alonso (2004) plantearon que leucaena ejerce un efecto beneficioso sobre guinea al incrementarse su población y producción de biomasa, debido, fundamentalmente, a la sombra filtrada. Esto, unido a la disciplina en la aplicación de la tecnología, debió ser la principal causa del comportamiento de la vegetación.

En este pastizal el comportamiento arbustivo se manifestó a través de las variables altura del árbol y diámetro de la copa. La altura estuvo entre 2.05 m en la época poco lluviosa del año 2002 y 3.6 m en la lluviosa del 2004. Esta variable no tuvo diferencia significativa para cada época estacional y su variabilidad pareció estar dada, fundamentalmente, por la diferencia creada por el comportamiento estacional del crecimiento y desarrollo vegetal.

Se observó un incremento del diámetro de la copa (figura 5), el cual tuvo diferencias marcadas para cada época estacional. Ruíz *et al.*, (2001) señalaron que, independiente que la leucaena sea explotada adecuadamente, a los 24 meses de iniciada la explotación con animales, existe un número de plantas que alcanzan alturas mayores de 2 m y gran parte (60 %) de la disponibilidad no está a su alcance, lo que puede constituir una pérdida de 186.8 kg MS año⁻¹ de la producción de biomasa total disponible en el sistema.

Asimismo, Murgueitio *et al.*, (2003) plantearon que estos sistemas constituyen una alternativa viable, en el trópico, para garantizar la sostenibilidad ecológica y productiva de los sistemas ganaderos y Giraldo *et al.*, (2006) plantean que la integración de las leguminosas arbóreas con las gramíneas puede ser una alternativa adecuada en el manejo ecológico de los pastizales tropicales porque pueden facilitar el incremento de la calidad y cantidad de biomasa comestible, para la producción animal, así como elevar el secuestro de carbono por unidad de superficie.



Letras diferentes entre columnas, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

Figura 5. Comportamiento del diámetro de la copa en el pastizal silvopastoril con cinco años en explotación.

En este pastizal, de 70 indicadores del suelo evaluados, se seleccionaron 10, distribuidos en 6, correspondientes a los físicos y químicos y 4 a los biológicos (tabla 4 y 5). Los de mayor variabilidad fueron la distribución de agregados en húmedos entre 1 y 5 mm de diámetro, la estabilidad estructural, la distribución de agregados en seco entre 0.2 y 0.5 mm de diámetro, el Valor n, la fitomasa subterránea y la macrofauna edáfica.

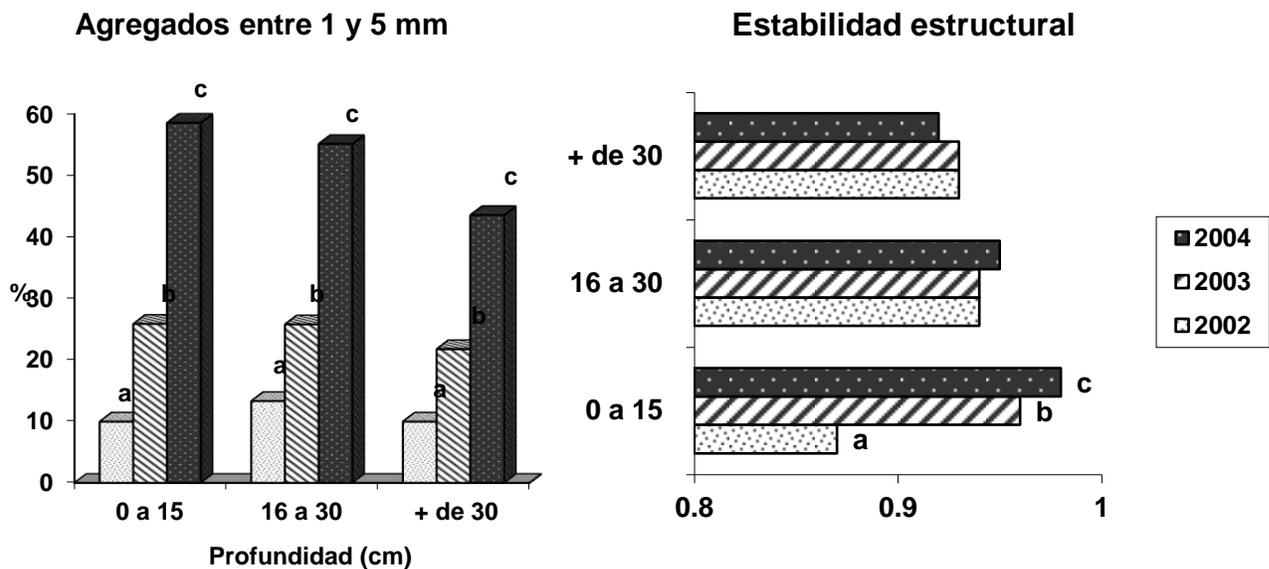
Tabla 4. Indicadores físico-químicos del suelo seleccionados en el pastizal silvopastoril con cinco años en explotación y el rango de valores de confianza calculados para el 95% de probabilidad.

Indicador	Valores
Distribución de agregados en húmedo de 1 a 5 mm (%)	55.36 – 59.61
Distribución de agregados en seco de 0.2 a 0.5 mm (%)	1.62 – 2.03
Valor n	0.25 – 0.28
Estabilidad estructural	0.86 – 0.94
Materia orgánica (%)	3.8 – 5.7
Resistencia a la penetración de 20 a 30 cm de profundidad (Mpa)	1.33 – 1.57

Tabla 5. Rangos de valores que indican estabilidad para los indicadores biológicos del suelo seleccionados en el pastizal silvopastoril con cinco años en explotación en un intervalo de confianza de 95% de probabilidad.

Indicador	Época o profundidad	Valores
Total de individuos de la macrofauna (Inv, m ⁻²)	Poco lluviosa	60.12 – 62.23
	Lluviosa	95.24 – 97.48
Fitomasa subterránea de 0 a 7 cm (g 100 cm ⁻³)	Poco lluviosa	1.72 – 1.91
	Lluviosa	2.69 – 2.86
Total de individuos de la mesofauna (Inv, m ⁻²)	Poco lluviosa	15.02 – 16.89
	Lluviosa	20.94 – 22.41
Fitomasa subterránea de 35 a 42 cm (g 100 cm ⁻³)	Poco lluviosa	0.49 – 0.68
	Lluviosa	0.57 – 0.89

La distribución de agregados en húmedos entre 1 y 5 mm de diámetro, mostró un incremento entre años, para las tres profundidades evaluadas. Mientras, la estabilidad estructural se mantuvo estable para profundidades superiores a 15 cm; pero aumentó entre años en la profundidad más superficial, la cuál es la más propensa a afectarse por el efecto del pastoreo, lo que manifestó la mejora de las características estructurales del suelo y reafirmó que el manejo a que se somete el pastizal es adecuado y favorece a la fertilidad del mismo (figura 6).



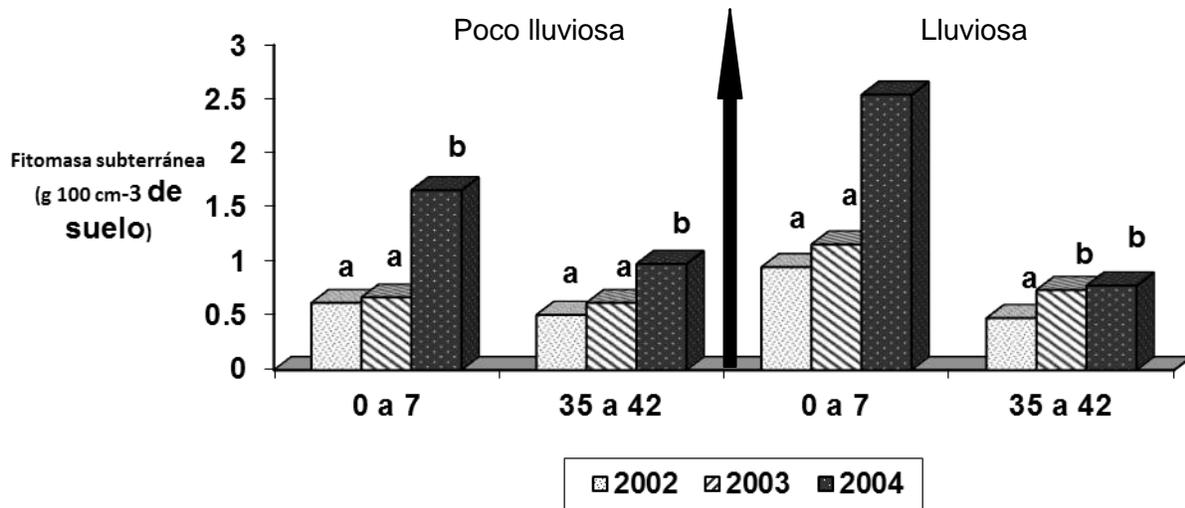
Letras diferentes entre columnas, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

Figura 6. Comportamiento de la distribución de agregados en húmedo y la estabilidad estructural en el pastizal silvopastoril con cinco años en explotación.

De igual forma, el valor n no tuvo diferencias significativas entre años, sino entre profundidades, lo cual debió estar vinculado a los procesos de hidromorfía que generalmente ocurren en este tipo de suelo (Wösten, 2006) pero se mantuvo para todas las profundidades por debajo de su punto crítico, con valores entre 0.43 y 0.52.

Por su parte, la fitomasa subterránea (figura 7) evidenció un incremento, tanto por época como en profundidad, mostrando el consecuente aumento de la profundidad

efectiva del suelo, lo que se manifestó también en el incremento de la macrofauna y la mesofauna.



Letras diferentes entre columnas, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

Figura 7. Comportamiento de la fitomasa subterránea en el pastizal silvopastoril con seis años en explotación.

Este comportamiento en las propiedades edáficas y vegetativas, evidenció que el sistema se encontraba estable debido a que se constató un progreso, tanto en la composición botánica del pastizal al aumentar la densidad de guinea con el paso del tiempo, la desaparición de especies poco deseadas y una mayor disponibilidad de biomasa, como por el hecho de que las propiedades del suelo de mayor variabilidad mostraron esta variación por mejoras significativas.

Al considerar que los suelos, en los que se ubican ambos pastizales, tienen limitantes productivas se infirió que el uso conjugado y armónico de *L. leucocephala*, *P. maximun* y el manejo animal apropiado contribuyen a la mejora ecológica y productiva de estos pastizales.

Los indicadores seleccionados en los pastizales tuvieron valores adecuados en correspondencia con el tipo de suelo (Alonso, 1997) y en ambos las condiciones físicas mejoraron con el incremento del tiempo de explotación de cada pastizal.

El comportamiento de ambos pastizales se describió mediante el grupo reducido de indicadores seleccionados, lo que mostró que el uso de estos permite caracterizar la estabilidad del sistema suelo-pasto. Así mismo, la densidad de guinea, la distribución de agregados en húmedo y la fitomasa subterránea se reiteran en ambos pastizales, independientemente del tipo de suelo y el tiempo de explotación, por lo que se evidenció que constituyen indicadores eficientes para el control de la estabilidad del sistema suelo-planta en pastizales basados en *L. leucocephala* y *P. maximun*. Por otra parte, el comportamiento de ellos manifestó que el correcto manejo del silvopastoreo debe potenciar la presencia de guinea como pasto base y que la presencia de leucaena hace que las propiedades del suelo evolucionen como resultado de una mayor presencia de raíces en cantidad y su mejor distribución a través del perfil del suelo.

Además, los rangos de valores calculados para los indicadores constituyen una herramienta novedosa, práctica y eficiente para su manejo ya que permiten dar seguimiento sistemático de la evolución o no de estos agroecosistemas.

Los indicadores seleccionados mostraron que el manejo provocó la mejora productiva y ecológica de ambos pastizales, por lo que el uso adecuado de este tipo de pastizal, puede constituir una alternativa viable para el progreso de ecosistemas deteriorados.

Se recomienda continuar los estudios para validar los indicadores seleccionados y divulgar los resultados obtenidos para que sirvan como herramientas a productores, docentes e investigadores para el seguimiento del efecto del manejo en estos tipos de pastizales.

2. Descripción general de la asociación de gramíneas y mezcla de leguminosas rastreras para la producción de carne

Se basa en el establecimiento de varias leguminosas perennes herbáceas a razón de 4 a 5 kg/ha. Las especies se combinan de modo que sus ciclos de crecimiento difieran, lo que garantiza la permanencia en el pastizal con suficiente biomasa y el adecuado aporte para los requerimientos nutricionales del bovino en crecimiento.

La tecnología propone la combinación de *Stylosantes spp*, *Desmodium spp*, *Pueraria phaseoloides (kudzú)*, *Macroptilium atropurpureum (siratro)* y *Neonotonia wightii (glycine)*.

La preparación del terreno para la siembra debe hacerse en la época poco lluviosa y en forma convencional; puede utilizarse el chapeo para la destrucción de la vegetación nativa, si esta no es muy densa ni muy alta posteriormente realizar un barbecho y dos rastreos en forma cruzada procurando dejar el suelo bien mullido. La siembra debe realizarse de preferencia en la época de lluvias, pero si se dispone de riego es posible realizarla después de las lluvias (septiembre y octubre) e incluso en la época poco lluviosa (marzo y abril), para ambos casos se podrá sembrar en surcos (que puede ir desde 30 a 60 cm), leguminosas de hábito rastrero.

Una vez establecido el pastizal (entre los 3 y seis meses), sostiene una carga de 2 animales/ha-1. La duración media de cada ceba es de 65 días, con un peso promedio inicial de 214 kg y un peso promedio final de 270 kg, que conlleva a una ganancia media de 861 g animal-1día-1. Durante el período poco lluvioso el pastizal debe tener 10 días de estancia y 49 días de reposo, mientras que en el lluvioso, 7 días de estancia y 49 días de reposo, para un total de 6 rotaciones por año.

Impacto ambiental y productivo

El pastizal basado en la mezcla de leguminosas rastreras (*Pueraria phaseoloides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Neonotonia wightii*) para la ceba de ganado vacuno en desarrollo, fue evaluado por tres años consecutivos, tras 9 años de explotación continua.

El área del pastizal se encuentra situado en un suelo Fersialítico Pardo rojizo mullido eútrico (Hernández *et al.*, 1999) sobre caliza margoza, que mostró indicios de buena fertilidad, buena permeabilidad, buen desarrollo radical, pH neutro y gran actividad biológica, que se manifestó por la abundancia de raíces y numerosos organismos de la fauna edáfica presentes en el momento de estudiar su perfil. En este trabajo se evaluaron similares indicadores que en el sistema silvopastoril (tabla 1).

La “densidad de las leguminosas rastreras” representada fundamentalmente por glycine aumentó al transcurrir el tiempo de explotación del pastizal. Esta especie tuvo 100% de frecuencia de aparición en todos los muestreos, excepto durante la época poco lluviosa de 2002, y su densidad de plantas varió de 11.2 al inicio del estudio hasta 34.4 plantas m⁻² en la estación lluviosa del último año, lo cual la condujo a constituir la especie dominante en la composición botánica del pastizal, con valores superiores al 56%. Un comportamiento inverso presentó el kudzú (*P. phaseoloides*), que decreció con el tiempo, mientras el siratro (*M. atropurpureum*) desapareció del pastizal. Estas especies constituían importante proporción en la mezcla de leguminosas perennes al inicio del estudio. La disponibilidad de biomasa no tuvo diferencias entre años para cada época climática, con valores de 2.69 y 3.76 t MS ha⁻¹ para las épocas poco lluviosa y lluviosa respectivamente. Además, el sistema se caracterizó por la alta cobertura vegetal que estuvo entre 98 y 100%, para la época poco lluviosa y lluviosa, respectivamente y presentó 3 y 1% de suelo desnudo para cada una de estas estaciones climáticas.

Los resultados indicaron que la glycine fue la especie que mejor caracterizó el pastizal. Su comportamiento dinámico mostró que, a pesar de las fluctuaciones en su

composición botánica el pastizal mostró estabilidad productiva, en lo cual debió influir el adecuado manejo durante los tres años evaluados.

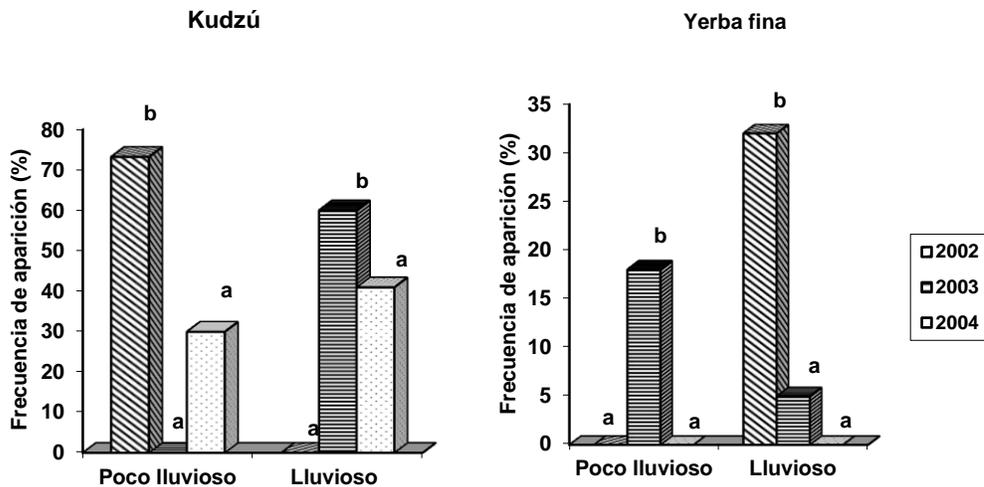
En este sentido, Vera *et al.*, (2005), en estudios de multi asociación de gramíneas y leguminosas, encontraron que de las leguminosas sembradas, *glycine* mantuvo el mayor porcentaje en el pastizal pero con un marcado comportamiento estacional, con valores más altos en la época poco lluviosa. Además, encontraron que las leguminosas en su conjunto predominaron con respecto a las gramíneas con porcentajes superiores al 56% en la época poco lluviosa.

Ruiz *et al.*, (2001) plantearon que la persistencia de cualquier leguminosa, mediante un manejo adecuado del pastoreo, dependerá del conocimiento que se tenga de cómo dicho manejo afecta la supervivencia de la planta y por tanto, su producción de biomasa.

No son muchos los experimentos que abordan el estudio de las leguminosas como pasto base en los sistemas ganaderos influido por la poca persistencia encontrada en estudios iniciales. Sin embargo, estos resultados y los encontrados por Ruiz *et al.*, (2001) indican que con un adecuado manejo, estas especies son capaces de perdurar en el tiempo y mantener su predominio en la composición botánica, con un incremento paulatino de su producción de biomasa. Los resultados indican que la densidad de *glycine* puede servir de indicador para caracterizar su estado productivo y controlar la evolución del sistema.

Otro aspecto importante en el comportamiento de la vegetación en este sistema fue la “competencia entre kudzú y yerba fina” la cual mostró que hubo tendencia a que estas dos especies fueran excluyentes una de la otra (figura 8) y se denotó mayor frecuencia de aparición de kudzú siempre que apareció en el pastizal (entre 73 y 33%) y con tendencia a la disminución paulatina de su presencia con el incremento del tiempo de explotación del sistema, lo cual muestra que aunque persiste tras nueve años en explotación

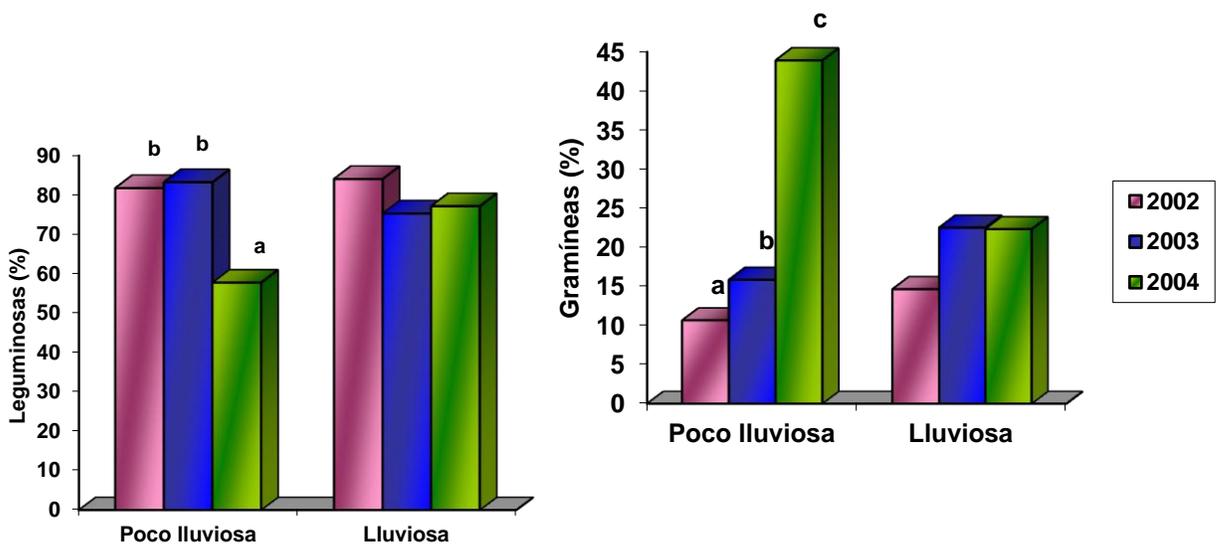
continua, no tuvo estabilidad en su presencia. Mientras, la yerba fina sólo estuvo entre 30 y 5% de frecuencia de aparición.



Letras diferentes entre columnas, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

Figura 8. Comportamiento de kudzú y de yerba fina en el pastizal de mezcla de leguminosas rastreras.

Por otro lado, la “composición botánica del pastizal” estuvo caracterizada por la correlación inversa existente entre los porcentajes de gramíneas y de leguminosas (figura 9).



Letras diferentes entre columnas, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

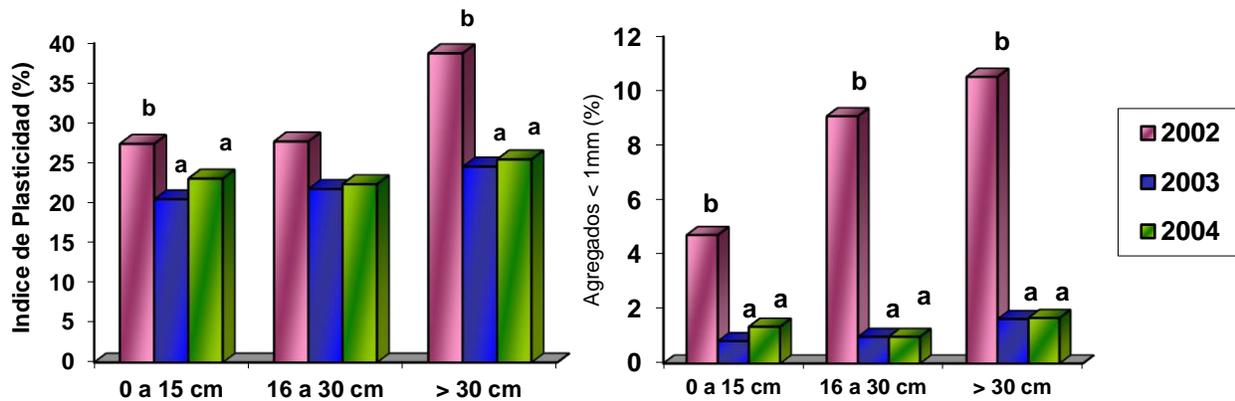
Figura 9. Comportamiento de las leguminosas y las gramíneas en el pastizal de mezcla de leguminosas rastreras.

Las gramíneas que estuvieron presentes en el pastizal pertenecen al género *Cynodon* (*C. nlemfuensis*, *C. dactylon* y *Cynodon spp*). Estas especies se incrementaron ($P < 0.001$) entre años, en la época poco lluviosa, con valores desde 10.7 hasta 44%, sin diferencias en la época lluviosa. Por su lado, las leguminosas se comportaron estables en el período poco lluvioso en los primeros dos años, donde representaron entre 81 y 83% de la composición botánica, sin embargo, decrecieron significativamente ($P < 0.001$) hasta 57% en el 2004 (ver figura 2) sin diferencias en la época lluviosa. Estos resultados indican que a pesar del incremento de las gramíneas, las leguminosas predominaron y se mantuvieron en el pastizal durante el período evaluado, lo que permitió mantener la estabilidad productiva del mismo y la tendencia a su persistencia en el tiempo.

La disminución de las leguminosas en la estación poco lluviosa del último año debió estar relacionada con los mayores requerimientos de humedad del suelo que las gramíneas (Ovalle *et al.*, 2005), por lo que su crecimiento decrece en dicho período y se tornan vigorosas con el comienzo de las lluvias. El decrecimiento significativo en el año 2004 también pudo estar relacionado con la intensa sequía que ocurrió en esta etapa.

Como se comprobó, la composición botánica es útil para caracterizar la situación del comportamiento de la vegetación en el pastizal y es el resultado del manejo a que fue sometido, por lo que puede constituir un indicador eficaz y fundamental para controlar su funcionamiento. Según Costa *et al.*, (2002) y Allue *et al.*, (2001) la composición florística es indicativa o no de la degradación de los pastizales, ya que existe una estrecha relación entre la composición botánica, la disponibilidad de biomasa y el porcentaje de utilización del pasto. En este caso, en que las leguminosas se mantienen de manera estable en el pastizal se logró que la disponibilidad de biomasa no variara significativamente entre años.

En el suelo de este sistema los indicadores de mayor variabilidad fueron el “Índice de plasticidad” y la distribución de agregados en seco menores de 1 mm de diámetro. Ambos indicadores (figura 10) disminuyeron con el incremento del tiempo de explotación del sistema, debido, al parecer al incremento de la materia orgánica (tabla 6) y la actividad biológica en general. Estos suelos con carbonatos de calcio y poco profundos, generalmente, pueden poseer bajo límite de plasticidad (Hernández *et al.*, 1999). Con la disminución del índice plástico las probabilidades de manejo y uso del suelo son mejores, porque se espera que con ello el suelo se haga más friable y por tanto aumente su tiempo de tempero. En la profundidad de 16 a 30 cm, aunque no hay diferencia significativa, se apreció también una mejora agronómica.



Letras diferentes entre columnas para cada profundidad, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

Figura 10. Comportamiento del índice de plasticidad y los agregados menores de 1 mm de diámetro en el pastizal de mezcla de leguminosas rastreras.

Tabla 6. Comportamiento de la materia orgánica en el pastizal de mezcla de leguminosas rastreras.

Indicador	Profundidad	Años			ES(±) y Sign
		2002	2003	2004	
Materia Orgánica (%)	0 a 15 cm	3.06 ^a	4.22 ^c	3.89 ^b	0.01 **
	16 a 30 cm	2.85 ^a	2.80 ^a	3.93 ^b	0.34 *

	Más de 30 cm	1.87 ^a	2.00 ^a	2.65 ^b	0.20 [*]
--	--------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

** P < 0.01. * P < 0.05

Medias con letras diferentes entre filas difieren significativamente P < 0.05 (Duncan, 1955)

Espinosa (2004) y Betancourt *et al.*, 2005 coinciden al plantear que el uso de las leguminosas contribuye a la mejora del contenido de materia orgánica del suelo, lo que condiciona la mejor distribución de agregados y la estimulación de la actividad microbiana, ya que la oclusión física de los componentes orgánicos puede determinar la accesibilidad de los mismos para los organismos del suelo (Aguilera *et al.*, 2004 y Hernández *et al.*, 2004). A su vez, Hadas *et al.*, (2004) afirman que la dinámica de la materia orgánica puede ser evaluada con mayor precisión, cuando se analizan individualmente fracciones de diferentes tamaños. Vázquez *et al.*, (2001) plantearon que el tipo de vegetación pudo influir en la dinámica de la distribución de agregados en húmedo y en las formas orgánicas del suelo y las leguminosas pueden tener un efecto positivo mayor en este sentido. Otro indicador que explicó la variabilidad de este sistema fue la “resistencia a la penetración” en las profundidades de 20 a 30, de 30 a 40 y de 40 a 50 cm (tabla 7). En ninguno de los años, ni en las profundidades analizadas, este indicador alcanzó valores críticos (2 Mpa), con tendencia general a disminuir, lo cual favorece el mejor desarrollo del sistema radical y manifestó que el tipo de pastizal y el manejo aplicado contribuyeron a la disminución significativa de la compactación.

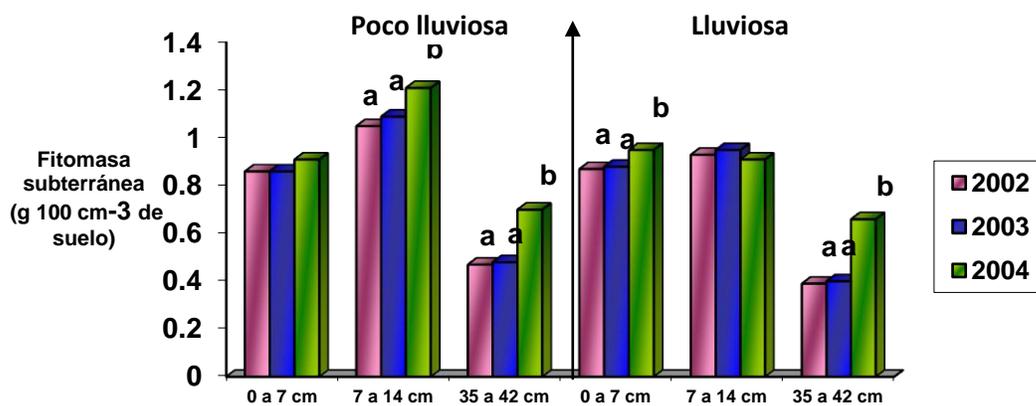
Tabla 7. Comportamiento de la resistencia a la penetración (Mpa) en el pastizal de mezcla de leguminosas rastreras.

Profundidad	Años			ES(±) y
	2002	2003	2004	Sign
20 a 30 cm	1.58 ^b	1.58 ^b	0.96 ^a	0.09 **
30 a 40 cm	1.63 ^b	1.68 ^b	1.00 ^a	0.18 **
40 a 50 cm	1.84 ^b	1.84 ^b	1.08 ^a	0.12 ***

*** P < 0.001. ** P < 0.01

Medias con letras diferentes entre filas, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

En el caso de los indicadores biológicos fue la “fitomasa subterránea” quien tuvo mayor comportamiento dinámico en los estratos entre 35 y 42 cm de profundidad (figura 11) la cual para ambas épocas estacionales no mostró diferencias entre los dos primeros años con valores de aproximadamente $0.47 \text{ g } 100/\text{cm}^{-3}$ de suelo en la época poco lluviosa y $0.40 \text{ g}/100 \text{ cm}^{-3}$ en la lluviosa. Sin embargo, evidenció un incremento ($P < 0.001$) en el tercer año de hasta $1.7 \text{ g}/100 \text{ cm}^{-3}$ en ambas épocas.

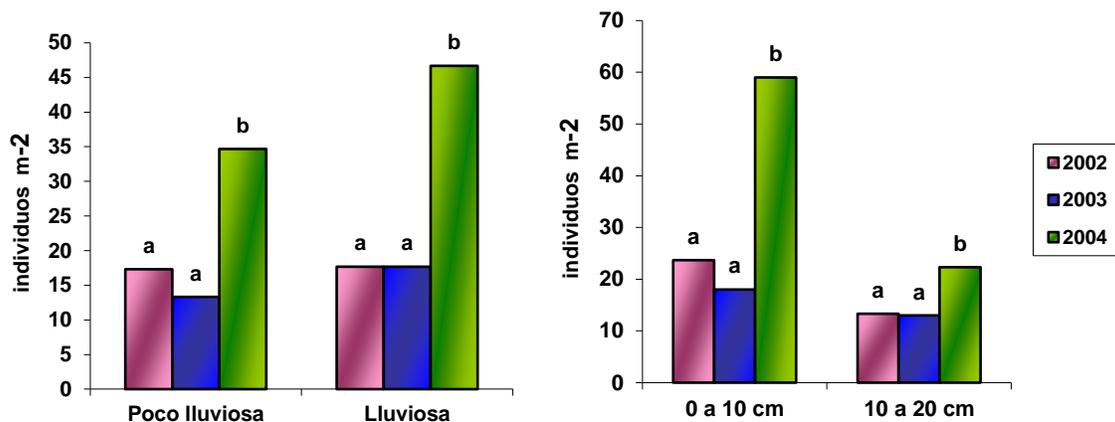


Letras diferentes entre columnas difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

Figura 11. Comportamiento de la fitomasa subterránea en el pastizal de mezcla de leguminosas rastreras.

En la profundidad de 0 a 14 cm (de 0 a 7 y de 7 a 14 cm), aunque tuvo un menor peso en la explicación de la varianza del sistema con respecto a los indicadores biológicos, también se constató un aumento de la fitomasa en el tercer año de evaluación. En el período poco lluvioso este ascenso estuvo dado por la fitomasa subterránea entre 7 y 14 cm la cual fue hasta $1.21 \text{ g}/100 \text{ cm}^{-3}$ y en el período lluvioso la fitomasa entre 0 y 7 fue la responsable debido a su incremento hasta $0.95 \text{ g } 100/\text{cm}^{-3}$. Este comportamiento

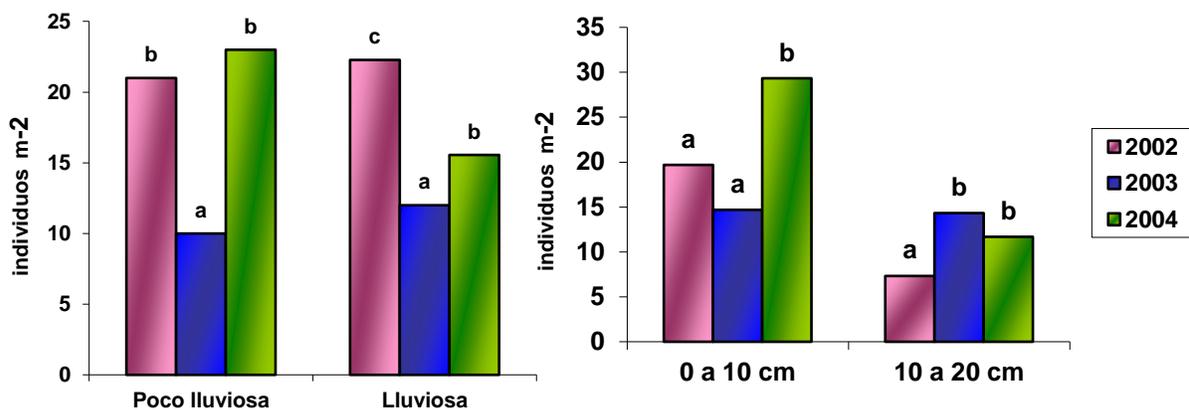
pudo deberse a que en la primera época las raíces tienden a expandirse a mayor profundidad en busca de una mayor humedad, la cual debe incrementarse en esta dirección y en la segunda época como superficialmente debe existir adecuada humedad que el efecto del colchón de hojarasca de las leguminosas debe aumentar, las raíces se deben desarrollar más en este estrato. En el pastizal se apreció de forma general una tendencia al incremento de la fitomasa subterránea en ambas épocas estacionales, lo cual fue más marcado en la capa entre 28 y 56 cm de profundidad, lo que indicó la mayor dinámica y presencia de raíces a capas más profundas del suelo. Esto constituye una señal del posible incremento de la actividad biológica en éstas, aspecto beneficioso porque debe indicar también incremento en la profundidad efectiva del suelo y es en sí mismo un indicador de la mejora ecológica, que debió repercutir también en la productividad del sistema y su estabilidad. También el total de individuos de la mesofauna, otros insectos y ácaros manifestaron incrementos significativos tanto para cada época, como para cada profundidad entre años (figura 12), lo que evidencia la tendencia significativa al aumento de la mesofauna en el pastizal.



Letras diferentes entre columnas de un mismo indicador difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

Figura 12. Comportamiento del total de individuos de la mesofauna en el pastizal de mezcla de leguminosas rastreras.

En el caso de la mesofauna, fueron los Gasterópodos (babosas) los cuales tuvieron gran variabilidad en su presencia en el sistema a lo que se le adjudicó su selección, pero que impidió realizar un análisis estadístico entre años para épocas y profundidades. Al analizar los géneros presentes se evidenció que en este pastizal y al igual que en las anteriores, las lombrices (figura 13) fueron las que mayor representatividad tuvieron, con un incremento entre años para ambas profundidades. Estos organismos tuvieron un decrecimiento en el año 2003 para posteriormente, en el siguiente año incrementarse lo cual pudo relacionarse con la disminución de las precipitaciones en el año 2003, que debió determinar una consecuente disminución en la humedad del suelo y por lo tanto afectar la cantidad de individuos presentes.



Letras diferentes entre columnas, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

Figura 13. Comportamiento de las lombrices en el pastizal de mezcla de leguminosas rastreras.

De manera general, en este pastizal, la variabilidad de la vegetación estuvo dada, fundamentalmente, por la densidad de las leguminosas, las cuales estuvieron representadas principalmente por la especie *Neonotonia wightii*. En este pastizal la cobertura vegetal, el área de suelo desnudo, la disponibilidad de biomasa en el pastizal y el número de puntos de enraizamiento se incrementaron con el tiempo de explotación y señalaron sus posibilidades de persistir en el tiempo. La competencia entre el kudzú y la yerba fina mostró que la primera tuvo mayor frecuencia de aparición (entre 73 y 33 %)

pero con tendencia a disminuir paulatinamente con el tiempo de modo que, aunque persistió durante los 9 años de explotación continuada, no se mantuvo de manera estable en el pastizal. Los resultados señalan que los indicadores físicos del suelo mostraron valores adecuados y mejoraron aún más con el tiempo de explotación. Acerca de esto, el índice de plasticidad, los agregados en seco, menores de 1 mm de diámetro, los agregados en húmedo y la resistencia a la penetración entre 20 y 50 cm, resultaron los indicadores de mayor aporte a su variabilidad. Por su parte, la fitomasa subterránea entre 28 y 56 cm de profundidad, la mesofauna y la macrofauna fueron los indicadores biológicos del suelo con mayor peso en su varianza y también, en este caso, sus valores progresaron favorablemente en el tiempo e influyeron positivamente en el comportamiento, durante el período evaluado, de la diversidad biológica de la fauna edáfica.

Al parecer, el componente vegetal de este tipo de pastizal influyó en la mejora del suelo y en este sentido, las leguminosas parecen haber tenido una activa participación. Este efecto pudo estar relacionado con el incremento del contenido de materia orgánica y la actividad biológica que se logra en el suelo donde se desarrollan estas plantas, aunque también el alto contenido de carbonato de calcio, así como la poca profundidad efectiva que caracterizaron al tipo de suelo existente, influyeron en estos resultados. Para el mejor entendimiento de los resultados y con el objetivo de que constituyan herramientas prácticas de trabajo, tanto para investigadores como productores, en el control de la evolución de este tipo de pastizales, se calcularon los rangos de confianza, en que deben encontrarse cada uno de los indicadores seleccionados (tabla 8).

Como se puede apreciar, los indicadores vegetativos son los que más fácilmente pueden ser medidos para dar seguimiento del funcionamiento de los pastizales ya que permiten conocer su efecto ecológico y productivo, debido a constituir un reflejo del estado del suelo. Los indicadores edáficos, aunque dan información valiosa acerca del funcionamiento integral del sistema suelo-pasto, son más difíciles de medir y determinar analíticamente, por lo que para productores deberá ser engorroso y poco práctico. Sin embargo, para la investigación y la docencia, el empleo integral del grupo de indicadores seleccionados, puede viabilizar y facilitar el desarrollo de futuras investigaciones, debido a

que evitaría la medición del gran grupo de indicadores decantados, que aportarían poco a la explicación de la varianza de estos pastizales, según se manifestó en este estudio.

Por otra parte, contar con estas tablas de rangos de valores de estabilidad productiva del sistema suelo-pasto, puede brindar una herramienta eficaz para el manejo correcto de estos pastizales, ya que mediante la medición sistemática de estos indicadores y su comparación con estos rangos, puede evitarse el deterioro de los pastizales, por la detección oportuna de cambios adversos y garantizar de este modo, su persistencia en el tiempo y productividad duradera.

Se concluye que los indicadores de mayor aporte a la varianza total en el pastizal con mezcla de leguminosas rastreras ubicado en un suelo Fersialítico Pardo rojizo fueron: a) de la vegetación: la densidad de las leguminosas, la frecuencia de aparición y densidad del kudzú, frecuencia de aparición de la yerba fina y la composición botánica (porcentaje de leguminosas y gramíneas); b) del suelo: el Índice de plasticidad, la distribución de agregados en seco menores de 1 mm de diámetro, la distribución de agregados en húmedo, la resistencia a la penetración de 20 a 50 cm de profundidad, el comportamiento de la fitomasa subterránea entre 28 y 56 cm de profundidad, el total de individuos de la mesofauna y la macrofauna.

El pastizal mostró progreso favorable en todas las propiedades edáficas, que se manifestó en el incremento de la fertilidad general y estabilidad en el sistema suelo-pasto. Los indicadores seleccionados permitieron caracterizar la dinámica del sistema suelo-pasto en el pastizal estudiado y pueden constituir una herramienta útil para que productores e investigadores controlen su grado de estabilidad.

Se recomienda divulgar e incorporar los resultados de este trabajo en la investigación, la docencia y la producción, ampliar el tiempo de estudio de este sistema para validar los indicadores seleccionados y utilizar los indicadores seleccionados y las tablas de rangos de valores propuestas, para darle seguimiento al comportamiento del

sistema suelo-pasto en pastizales en explotación, como vía para evitar la pérdida de su productividad y estabilidad.

Tabla 8. Rangos de valores que indican estabilidad para los indicadores seleccionados en un intervalo de confianza de 95% de probabilidad.

Componente	Indicador	Época	Valores
Vegetación	Densidad de glycine (plantas m ⁻²)	Poco lluviosa	22.19 – 22.80
		Lluviosa	34.22 – 34.57
	Cobertura vegetal (%)	Poco lluviosa	99.59 – 99.66
		Lluviosa	99.78 – 99.81
	Suelo desnudo (%)	Poco lluviosa	2.40 – 2.49
		Lluviosa	0.32 – 0.41
	Disponibilidad de biomasa (t MS ha ⁻¹)	Poco lluviosa	2.64 – 3.49
		Lluviosa	3.45 – 4.44
	Densidad de kudzú (plantas m ⁻²)	Poco lluviosa	6.89 – 7.10
		Lluviosa	11.68 – 11.91
	Frecuencia de kudzú (%)	Poco lluviosa	72.89 – 73.10
		Lluviosa	59.91 – 60.08
	Gramíneas (%)	Poco lluviosa	10.70 – 10.79
		Lluviosa	14.70 – 14.83
	Leguminosas (%)	Poco lluviosa	83.24 – 83.33
		Lluviosa	77.16 – 77.31
Suelo	Índice de plasticidad (%)	0 a 15	18.35 – 22.54
(físicos-	Agregados en seco < 1 mm (%)	0 a 15	0.78 – 0.85

químicos)	Agregados en húmedo < 1mm (%)	0 a 15	5.32 – 5.47
	Agregados en húmedo > 5 m (%)	0 a 15	50.00 – 50.19
	Agregados en húmedo entre 1 y 2 mm (%)	0 a 15	18.30 – 18.41
	Resistencia a la penetración (Mpa)	20 a 30	0.78 – 1.13
Suelo (biológicos)	Fitomasa subterránea de 35 a 42 cm (g 100 cm ⁻³)	Poco lluviosa	0.61– 0.78
		Lluviosa	0.59 – 0.72
	Ácaros (Ind, m ⁻²)	Poco lluviosa	12.82 – 15.17
		Lluviosa	14.19 – 17.16
		0 a 10 cm	20.30 – 22.33
	Insectos (Ind, m ⁻²)	Poco lluviosa	17.64 – 18.35
		Lluviosa	27.58 – 28.41
		0 a 10 cm	34.82 – 37.17
	Total de individuos de la mesofauna (Ind, m ⁻²)	Poco lluviosa	33.34 – 36.01
		Lluviosa	44.19 – 47.16
		0 a 10 cm	57.90 – 60.09
	Himenópteros (Ind, m ⁻²)	Poco lluviosa	14.19 – 17.80
		Lluviosa	21.65 – 22.90
		0 a 10 cm	28.35 – 30.24

3. Descripción general de la tecnología de Bancos de biomasa con *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115.

El pasto Cuba CT-115 pertenece a la especie *Pennisetum purpureum*, es familia del King Grass, el Napier, los taiwaneses y otros clones de alto porte con el nombre común de hierba elefante. Se obtuvo y extendió por el Instituto de Ciencia Animal desde el año 1987. Es una variedad seleccionada para pastoreo y tiene las cualidades siguientes: Bajo porte dentro de su especie, buena relación hoja tallo, rebrota bien con ahijamiento nuevo, resiste el pastoreo (existen áreas de 16 años con 4 a 5 pastoreos al año), largo ciclo de

crecimiento (seis meses) que permite almacenar alimento de la época de lluvias para la de seca y alto número de hijos por plantón.

Pennisetum purpureum vc CT-115) por estas características resulta una planta útil para satisfacer las necesidades en la seca. Por ello, su uso se ha extendido en la región tropical y subtropical. Actualmente, en Cuba existen numerosas unidades productivas en las que se introduce y desarrolla la tecnología que orienta el uso de esta valiosa planta.

En producción de leche, la tecnología ha logrado incrementos en la productividad por área desde menos de 1500 litros/ha hasta niveles superiores a 4000 litros/ha y las ganancias/ha sembradas de CT-115 llegaron a superar los 3000 pesos en moneda nacional (Martínez, 2005).

No se puede sembrar en suelos inundables (más de 5 días bajo agua estancada lo matan), es atacado por el falso medidor en los rebrotes de segunda y tercera rotación cuando la plaga es muy abundante.

El CT-115 se debe plantar en suelos profundos, bien drenados, para lograr la mejor respuesta biológica de la planta. Se adapta a una gama amplia de suelos y se considera tolerante a la sequía.

Una ha de CT-115 permite alimentar, en tres pastoreos del periodo seco, más de 600 vacas días de carga instantánea, como promedio de 10 años de trabajo. A partir de este dato se puede calcular que para mantener 100 vacas en 180 días de seca, se necesita alimentar 18000 vacas días. Se pretende que el pasto CT-115 solucione la mitad de las necesidades, 9000 vacas días, la otra mitad la asegura el otro 70 % del área. Esto, entre 600 vacas días que alimenta cada ha, genera una necesidad de 15 ha para el periodo seco. Si la unidad tiene 50 ha (2 vacas/ha) esto representa el 30 % del área. Se puede precisar el planteamiento diciendo que una vaquería para aplicar esta tecnología

necesita sembrar el 30% de su área de pastoreo de Cuba CT-115 y el otro 70 % de pastos de ciclo corto.

La semilla se debe cortar el día antes o el mismo día que se va a plantar y una vez distribuida en el campo se debe plantar de inmediato. Cuando ocurra algún imprevisto en la siembra y no se pueda seguir plantando, la semilla cortada se debe poner a la sombra, nunca se debe dejar en el campo de semilla o sobre el área que se está sembrando.

La semilla debe ser distribuida en bultos por todo el centro y a lo largo de la amelga, calculando las cantidades requeridas. Ello facilitará que los hombres que planten, tengan que caminar lo menos posible para regar los tallos y que no sobre semilla después de plantada la amelga o habrá que recogerla del campo.

La edad de la semilla va a depender de la época del año en que se produce. Se debe utilizar semilla de 3 ó 5 meses, cuando la planta se desarrolla en el periodo óptimo de crecimiento, de abril a julio, y hasta 7 meses cuando crece durante el periodo seco con regadío. Siempre se debe trabajar con tallos de más de un metro de largo.

Desde el punto de vista práctico resulta aconsejable plantar tallos enteros haciendo coincidir la sección basal con la apical, de modo tal que queden superpuestos uno sobre el otro. El factor de reproducción de la semilla es de 10 a 15 por 1.

Después de depositado en el fondo del surco, los tallos deben picarse con un machete bien afilado de modo que su largo no exceda los 50 cm, después deben cubrirse con una capa de suelo de alrededor de 10 cm. Es necesario que el surco abierto por el arado sea profundo, de 20 a 30 cm, en suelos pesados, debe cuidarse la profundidad del tapado, pues si se excede, las semillas no germinan o tardan mucho en hacerlo.

En Cuba, el método de plantación más utilizado en la hierba elefante Cuba CT-115, es el de surcar y tapar con cultivador, que consiste en depositar los tallos en el fondo del surco y taparlo de inmediato con un cultivador, con el empleo de un tractor ligero.

Por ser más económico, con iguales resultados, se propone la plantación a vuelta de arado con mínima preparación del suelo. Esto consiste en preparar la tierra con aradura en el periodo seco (marzo – abril) y plantar a vuelta de arado al inicio de las lluvias (junio) con un pase previo de grada media.

La distancia de plantación, recomendada para esta especie es de alrededor de 1 metro entre hileras. Cuando se planta a vuelta de arado esta separación se logra utilizando un arado de tres discos o vertedera. Resulta práctico eliminar el disco del medio, para facilitar el tapado y evitar cubrir la semilla con exceso de tierra. La densidad de plantación es alrededor de 4 t/ha de tallos.

Es siempre recomendable en las áreas a plantar, realizar una fertilización a razón de 25 t/ha de materia orgánica. Además, se recomienda intercalar con leguminosas rastreras e incorporar en el sistema bancos de proteína con *Leucaena leucocephala*.

A las unidades pecuarias que utilicen el pastoreo del CT-115 para su autosuficiencia se le recomienda un cercado eléctrico con divisiones fijas o móviles. Los perímetros de la vaquería deben ser de alambres de púas.

Tampoco el cercado eléctrico es imprescindible, lo importante es acuartonar, de lo contrario no hay posibilidades de manejar el pasto. Se recomienda trabajar con un mínimo de 20 cuartones en el área de CT-115 (30%) y 20 cuartones en el área con otras gramíneas (70%). Aunque las unidades sean de 20 o de 120 animales, se asume que el área del cuartón será proporcional al tamaño de la finca por lo que las rotaciones serán iguales en el tiempo.

En vaquerías con 80 divisiones (40 y 40) se logra una rotación óptima, ofreciendo un cuartón cada día como promedio, lo cual facilita el manejo. El programa de rotación debe ser único para dos grupos de vacas, ordeño y seco.

Solucionar el déficit de la seca usando sólo el pastoreo es una actividad muy económica que sólo demanda cercado y aplicación correcta del reposo. Si dejamos descansar el CT-115 durante 140-150 días, acumularemos alimento para mantener 100 vacas durante 3 a 4 días en una ha. Después de la primera rotación no se deben cortar los tallos para garantizar el segundo rebrote, al pastar el resto del área durante 30 a 40 días se logra un descanso de 90 a 100 días en el CT-115, en este tiempo estará listo para la segunda rotación. La segunda rotación del CT-115 concluye a principios de abril en unos 40 días, para entrar de nuevo en el área de otras gramíneas (2da. vez) durante unos 30 días de ocupación. Esto permite utilizar el CT-115 en una tercera rotación en mayo, con 70 días de descanso para cerrar el período seco.

Este manejo es propuesto para una carga global de 2 UGM/ha en unidades que tengan el 30% de su área con Cuba CT-115 y el otro 70% establecido con otras gramíneas consumibles por el animal.

Impacto ambiental y productivo

Para evaluar esta tecnología se realizó un proyecto de investigación que incluyó cinco unidades productivas con más de 5 años de explotación de la tecnología. En esta ocasión se resumen los resultados alcanzados en Genético 4, unidad pionera en el uso de la misma y que se ha mantenido en explotación continua por 16 años. Está ubicada sobre un suelo Pardo con carbonatos, predominantemente.

En esta unidad productiva la pureza del banco de biomasa con CT-115 se mantuvo entre 80 y 85%. Además, se mantuvo el 30% del área con CT-115 y la rotación correcta establecida por la tecnología. En la época poco lluviosa las áreas de CT-115 mostraron

incremento en la cantidad de macollas, hijos por macolla y altura (tabla 9), pero en la época lluviosa solo los hijos por macolla se incrementaron, mientras los otros indicadores se mantuvieron estables.

Esto parece deberse a la edad que poseen estas plantaciones, la cual sobrepasa de 14 años y hace que sus macollas posean un grosor que impide la aparición de nuevas plantas y desarrollo de hijos, porque la altura es regulada siempre por el pastoreo.

Durante la época poco lluviosa este pasto se pastorea según el ciclo establecido por la tecnología, lo que hace que las plantas rebroten adecuadamente después de cada pastoreo. Por ello, debieron de aumentar todos los indicadores. Sin embargo, durante la lluvia se detiene el pastoreo y las plantas acumulan energía y biomasa hasta el siguiente pastoreo que debe ser en noviembre, por ello, la cantidad de macollas se mantiene similar pero rebrotan hijos.

Tabla 9. Comportamiento productivo del banco de biomasa de CT-115 en la Vaquería G4 del ICA.

Indicador	Poco lluviosa			Lluviosa		
	2005	2006	±ES y Sig	2005	2006	±ES y Sig
Cantidad de macollas/ m ²	1.95	2.00	0.01*	2.0	2.1	0.35 NS
Hijos/macolla	23.54	25.39	0.36 **	25.63 ^a	27.3 ^b	0.65 *
Altura (m)	1.45	1.62	0.01*	1.83	1.97	1.52 NS

** P< 0.01; * P<0.05

Medias con letras diferentes entre filas, difieren significativamente P< 0.05 (Duncan, 1955)

Se observó correspondencia entre desarrollo aéreo de las plantas y su fitomasa subterránea (figura 14). Este indicador se incrementó en ambas épocas. Este comportamiento estuvo vinculado al incremento de la porción aérea de la planta. A su vez,

las mejoras en las propiedades estructurales del suelo le permitieron explorar mayor área a las raíces, tal como se discutirá con posterioridad.

Es significativo que se obtuvieron mayores valores de fitomasa que los reportados por Hernández et al., (1999) y Lok (2006), al estudiar pastizales basados en *Panicum maximum*. Estos datos constituyen los primeros estudios acerca de este indicador en el banco de biomasa de CT-115.

Por otra parte, la literatura plantea que durante la época seca debe existir mayor cantidad de fitomasa subterránea por presentar menor humedad el suelo, lo que conlleva a que las raíces se prolonguen en busca de agua y aumenten la producción de raicillas (Vilche et al. 2000). En nuestros resultados se observó que en los bancos de biomasa de CT-15 este proceso no ocurre así, ya que en la época lluviosa este indicador mostró los mayores valores. Este resultado debió estar relacionado con las características de esta especie, es decir, los bancos ya establecidos dejan de ser pastoreados a partir de abril o mayo y es durante el período lluvioso que tiene lugar su mayor acumulación de biomasa, con el consecuente crecimiento de su sistema radicular. Además, los intensos y prolongados períodos secos de los años 2005 y 2006, estuvieron por debajo de la media de precipitaciones nacionales (Lok, 2006 y García, 2007), lo cual también pudo afectar el comportamiento de la fitomasa subterránea.

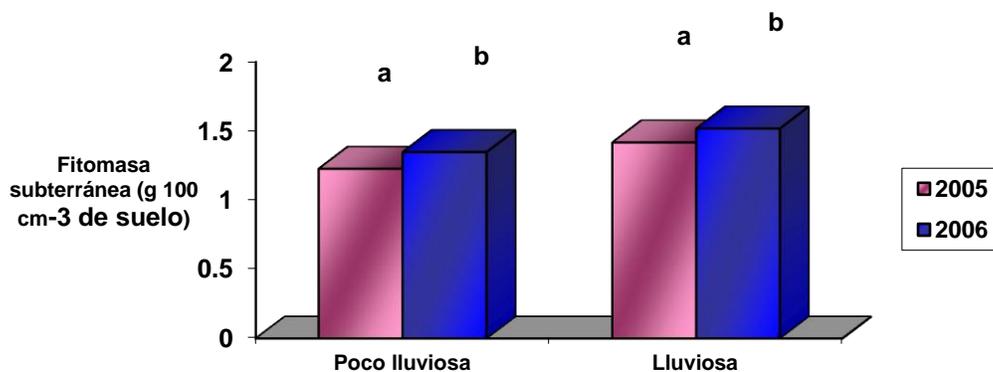


Figura 14. Comportamiento de la fitomasa subterránea en el banco de biomasa de CT-115 en la Vaquería Genético4 del ICA.

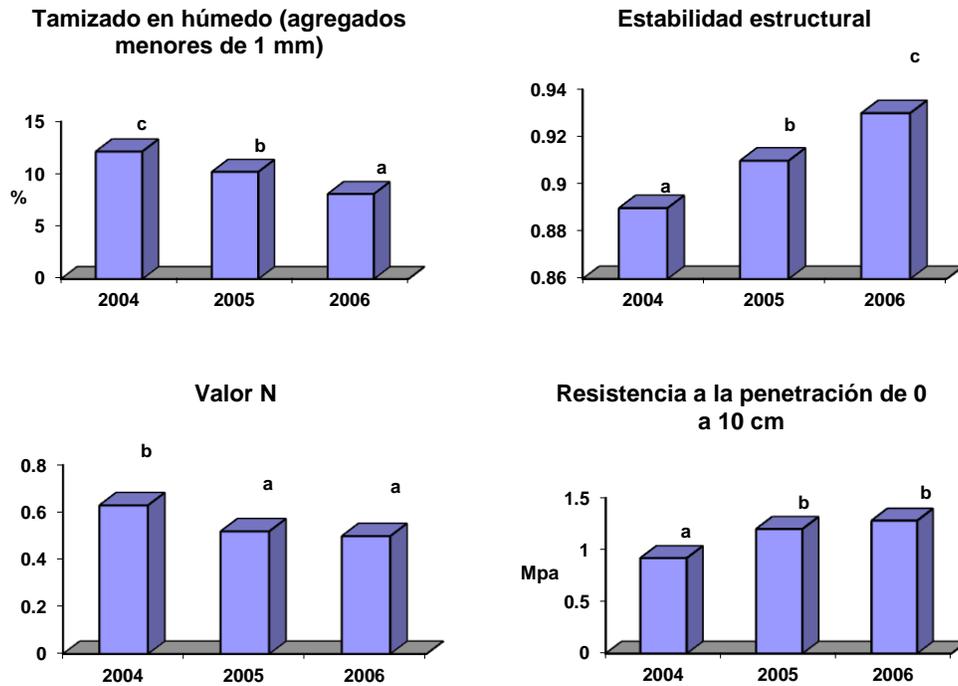
La figura 15 muestra que en el área con CT-115, de los indicadores seleccionados solo 5 de ellos tuvieron diferencias entre años [(resistencia a la penetración de 0 a 10 cm, distribución de agregados en húmedo mayores de 5 mm, distribución de agregados en húmedo (menores de 1 mm), estabilidad estructural y Valor N)].

En esta área la estabilidad estructural aumentó y el Valor N disminuyó respecto al primer año evaluado, lo cual manifiesta un progreso edáfico. Por su parte, la resistencia a la penetración aumentó respecto al primer año, pero mantuvo su valor por debajo del valor crítico. Además, los agregados en húmedo entre 1 y 5 mm de diámetro se mantuvieron con valores adecuados (entre 37 y 33%). Por ello, se plantea que esta área fue apropiadamente manejada y se favoreció su progreso en el tiempo.

Por su parte, en el resto del área del pastizal el suelo mostró mayores diferencias entre años en la mayoría de los indicadores seleccionados (tabla 10). Así, el nitrógeno aumentó significativamente entre años, lo cual se relacionó con el incremento del porcentaje del área de *Leucaena leucocephala*, la cual posee propiedades beneficiosas para el suelo y el ambiente en general, además de brindar otra alternativa de alimento proteico al animal (Murgueitio *et. al.*, 2006).

El Ca y el Mg decrecieron, pero este comportamiento deberá ser estudiado más a profundidad para conocer las causas de ello, ya que, aparentemente, no sucedió nada que pudiera ocasionar este proceso. A su vez, se obtuvo incremento de los agregados en húmedo mayores de 5 mm, pero los valores se mantuvieron adecuados para aquellos entre 1 y 5 mm de diámetro, los que representan los de mayor valor agronómico, pues, según Gavande (1972) y Alonso (1997), ellos pueden representar parte de los terrones originales, que al tomar agua pueden separarse por el hinchamiento y la separación

mecánica de las partículas del terrón, así como al desplazamiento del oxígeno y el agua al embeberse en agua, lo que facilita la disgregación.



Letras diferentes entre columnas, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

Figura 15. Comportamiento de los indicadores físico-químico seleccionados por su mayor aporte a la explicación de la varianza en la vaquería Genético 4.

También en el área restante del pastizal la estabilidad estructural y el Valor N mostraron mejoras, lo cual indica el progreso integral del suelo en esta unidad.

Tabla 10. Comportamiento de los indicadores del suelo seleccionados en la vaquería Genético 4 del ICA.

Indicador	Año			ES y Sig
	2004	2005	2006	

RP (0 a 10 cm)	0.81a	0.99b	1.01b	0.03***
RP (10 a 20 cm)	1.19a	1.26ab	1.30b	0.04*
Nitrógeno	0.18a	0.21b	0.25c	0.01***
Calcio	2.66b	2.75b	1.21a	0.08***
Magnesio	1.23b	1.24b	0.35a	0.04***
TS (agregados menores de 1 mm)	4.71b	9.12c	1.21a	0.12***
TH (agregados mayores de 5 mm)	50.86a	58.48b	63.84c	1.00***
TH (agregados menores de 1 mm)	14.49c	9.13b	8.07a	0.26***
ES	0.87a	0.93b	0.94c	0.004***
Valor N	0.60b	0.53a	0.49a	0.02***

RP: Resistencia a la penetración

ES: Estabilidad estructural

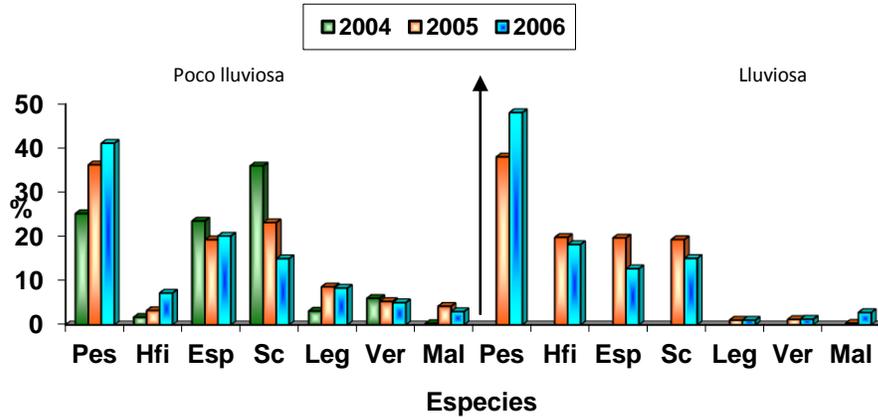
CE: Coeficiente de estructuración en húmedo

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$

Medias con letras diferentes entre filas difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

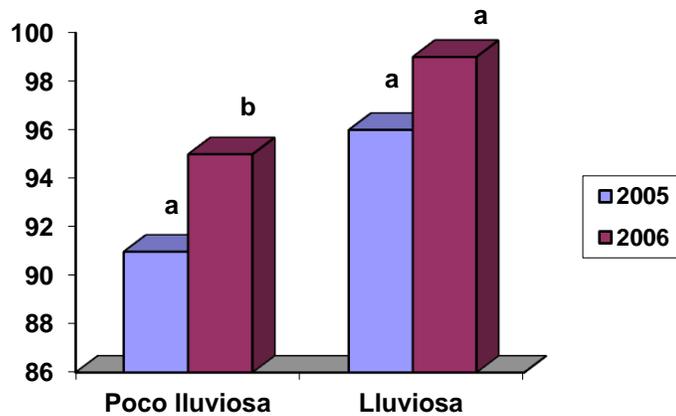
Los resultados indicaron que le área de CT-115 tenía estabilidad edáfica, mientras que en el resto del pastizal las condiciones no variaron mucho, lo cual se atribuyó a la disciplina tecnológica de esta unidad y al acertado y riguroso manejo de sus animales y el pastoreo en general.

En el área de pastizal de la vaquería (sin CT-115) se observó en ambas épocas del año un incremento del pasto estrella en la composición botánica, mientras que el espartillo y el sacasebo decrecieron (figura 16). El pasto estrella alcanzó los mayores valores de frecuencia de aparición por especie (86 y 96% en la época poco lluviosa y lluviosa, respectivamente) y densidad (5.9 y 6.4 plantas/m² en la época poco lluviosa y lluviosa, respectivamente). De igual manera, se observó un incremento paulatino de la superficie edáfica cubierta (figura 17).



Pes: <i>Cynodon nlemfuensis</i>	Sac: <i>Paspalum notatum</i>	Ver: <i>Bouchea prismatica</i>
Hfi: <i>Cynodon spp.</i>	Leg: Leguminosas nativas	Mal: <i>Sida acuta</i>

Figura 16. Comportamiento de la composición botánica durante la época poco lluviosa y lluviosa en la Vaquería Genético 4 del ICA.



Letras diferentes entre columnas difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

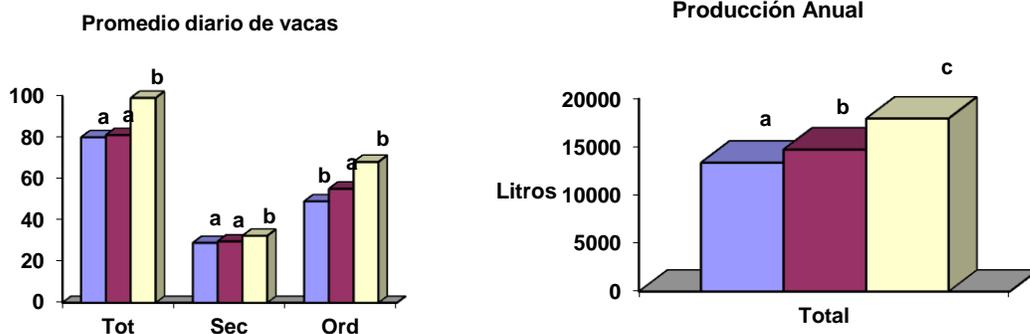
Figura 17. Comportamiento del área de suelo cubierto por la vegetación en la Vaquería Genético 4 del ICA.

Este comportamiento reflejó el correcto manejo del pastizal y el apropiado uso de la tecnología de banco de biomasa, los cuales conllevaron a la mejor distribución de las

especies mediante la potenciación del pasto base, con la mejora de la calidad del pasto ofertado al ganado.

Al considerar que esta fue la vaquería pionera en la utilización de la tecnología, se plantea que ella siempre deberá favorecer el desarrollo de pasto base y evitar el progreso de las malezas en el sistema, si sus componentes se manejan correctamente, según lo establecido por la propia tecnología.

Al evaluar los diferentes indicadores de la producción y reproducción animal (figura 18) se pudo comprobar que la producción total aumentó progresivamente entre años, lo cual se debió al incremento de la cantidad de vacas en ordeño en la vaquería. Sin embargo, la producción media por vaca se mantuvo estable entre años. Los resultados encontrados en el comportamiento edáfico y vegetativo de la unidad demuestran que la tecnología de banco de biomasa con CT-115 favorece la estabilidad productiva, al brindar un alimento de calidad, justo en el período de mayor escasez y que esta, siempre que sea adecuadamente manejada, debe contribuir a la mejora ecológica y productiva de las unidades ganaderas donde se aplique. Por todo lo anterior se concluye que la tecnología de banco de biomasa tuvo un impacto positivo en la productividad, sostenibilidad y estabilidad íntegra del sistema.





Letras diferentes entre columnas, difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

Figura 18. Comportamiento de algunos indicadores productivos y reproductivos en la Vaquería Genético 4.

Se concluyó que siempre que sea adecuadamente pastoreado el suelo ocupado por el CT-115, conserva y mejora su fertilidad, aunque con el tiempo de explotación deberán realizarse labores que eviten el incremento de la resistencia a la penetración. La tecnología permite potenciar la presencia del pasto base y regular la presencia de malezas.

Por otra parte, no se detectaron variaciones en los contenidos de nitrógeno del suelo, lo que reflejó que si las plantas realizan extracciones elevadas, el sistema de pastoreo permite el adecuado reciclaje de este nutriente.

Se recomienda a todas aquellos ganaderos que usen la tecnología, que respeten lo que ésta establece. Por la creciente proliferación de esta tecnología es necesario continuar la capacitación de los ganaderos para garantizar su eficiencia y se propone que los indicadores seleccionados en el suelo se evalúen y controlen en dichas unidades. Es necesario incluir labores de rehabilitación del área de CT-115 para prevenir el incremento de la resistencia a la penetración.

Almacenamiento de carbono en el suelo en sistemas ganaderos tropicales en explotación con ganado vacuno

En las tecnologías anteriormente descritas se determinó también el almacenamiento de carbono en el suelo. El estudio se realizó durante los años 2004, 2005 y 2006. En cada uno de los sistemas se determinó el carbono almacenado en el suelo (CAS), la materia orgánica y la densidad aparente. Para mejor comprensión de los resultados del comportamiento de los sistemas se evaluaron la composición botánica, la frecuencia de aparición de las especies y la cobertura del suelo. En todos los sistemas: a) Silvopastoril basado en *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*; b) Monocultivo de *Panicum maximum* y c) Asociación de gramíneas con una mezcla de leguminosas rastreras se puede apreciar en la tabla 11 que el mayor depósito de carbono ocurrió de 0 a 15 cm de profundidad. El sistema silvopastoril y el de mezcla de leguminosas incrementaron el CAS con el tiempo de explotación de los sistemas, el que varió de 54.4 a 65.3 t ha⁻¹ y de 50.6 a 60.4 t ha⁻¹, respectivamente. El sistema con monocultivo de guinea disminuyó el CAS con el tiempo de explotación el que fue de 60.4 a 43.7 t ha⁻¹.

Tabla 11. Carbono almacenado en el suelo en los sistemas silvopastoril, monocultivo y mezcla de leguminosas rastreras.

Sistema	Profundidad (cm)	Carbono almacenado en el suelo (t/ha ⁻¹)			ES y Sign
		2004	2005	2006	
Silvopastoril	0 a 15	20.0 ^a	22.9 ^b	25.9 ^c	0.05***
	15 a 30	18.8	21.3	19.8	0.14NS
	30 a 45	15.6 ^a	18.1 ^{ab}	19.6 ^b	0.04*
	Total evaluado (0 a 45 cm)	54.4^a	62.3^b	65.3^c	0.02**
Monocultivo	0 a 15	22.1 ^b	22.0 ^b	15.6 ^a	0.08***
	15 a 30	21.1 ^b	19.3 ^b	14.6 ^a	0.10**
	30 a 45	17.2 ^b	14.6 ^{ab}	13.5 ^a	0.02*
	Total evaluado				

	(0 a 45 cm)	60.4^c	55.9^b	43.7^a	0.11^{***}
Mezcla de leguminosas	0 a 15	20.0 ^b	18.2 ^b	22.6 ^c	0.02 *
	15 a 30	17.4 ^a	18.4 ^{ab}	20.0 ^b	0.03 *
	30 a 45	13.2 ^a	13.5 ^a	17.8 ^b	0.10 *
	Total evaluado (0 a 45 cm)	50.6^a	50.1^a	60.4^b	0.12 *

*** P < 0.001, **P < 0.005, *P < 0.05

De Petre *et al.*, 2006 plantearon que el carbono acumulado en los estratos superiores del suelo posee mayores contenidos y variabilidad porque está en función del cambio en el uso y manejo del suelo, lo que coincide con lo planteado por Botero (2011) quien asegura que el carbono del suelo varía con la profundidad y está en correspondencia con el tipo de suelo y con el contenido y la descomposición de la materia orgánica.

Este comportamiento pudo estar asociado con las características de cada sistema en cuanto a las especies presentes, su composición botánica, su biodiversidad vegetal, la cobertura del suelo y el manejo a que se sometieron. Ávila *et al.*, (2001) aseveraron que el uso y manejo del suelo, es determinante en el comportamiento del CAS.

En este sentido, el sistema silvopastoril, el cual mostró los mayores valores de CAS, tuvo alta cobertura del suelo para ambas épocas estacionales, con valores que oscilaron entre 95.8 y 99.8%. Además, en su composición botánica hubo predominio de la guinea como pasto base, la que se mantuvo con valores entre 73 y 89 %, y con marcado incremento entre años de la densidad de guinea, la que varió entre 5.8 y 9.6 plantas/m². Estas características indicaron que el sistema tuvo una evolución favorable con el incremento del tiempo de explotación y debieron influir en la mejora de los contenidos de materia orgánica del suelo los cuales constituyen uno de los principales factores para la

fijación de carbono en el suelo ya que, en el suelo, el carbono está almacenado, principalmente, como parte de la materia orgánica y representa más de 1400 Gt (1 Gt = 10¹⁵ g), casi el doble del que hay en la atmósfera (Post *et al.*, 1982). Además, las gramíneas utilizadas en la producción animal tropical generalmente son de metabolismo C₄, lo cual les da mayor capacidad de integrar el CO₂ en la materia orgánica de las plantas. Esta materia orgánica puede ser consumida por los animales y gran parte de ella (30 - 70 %) regresa al suelo como heces y orina. Parte de las plantas se hacen senescentes y son incorporadas directamente al suelo (López *et al.*, 2011).

Según Botero (2011), la eficiencia para la fijación de carbono en pastizales con pastos mejorados radica en que estos poseen, generalmente, sistemas radicales profundos, lo cual puede contribuir fuertemente en la productividad primaria neta de las especies y por tanto en la capacidad de inmovilización de carbono. En el caso de los sistemas silvopastoriles, por la presencia de árboles o arbustos, esta eficiencia puede ser mayor, precisamente por la profundidad y abundancia de sus sistemas radicales. Además, según Miranda *et al.*, (2007) los sistemas silvopastoriles son considerados como una alternativa sostenible y viable, capaces de generar servicios ambientales, por constituir importantes sumideros de carbono y muy ventajosos por la captura de este. Los estudios realizados por estos autores, cuando compararon una finca con pastizales naturales y otra con un sistema agroforestal, mostraron que el carbono almacenado en el suelo por el sistema silvopastoril fue mayor que el secuestrado en el sistema de pasto natural, siendo de 24 y 19.5 t ha⁻¹, respectivamente.

Por otro lado, el sistema con mezcla de leguminosas rastreras, tuvo un incremento del CAS entre años de explotación, lo que fue similar que en el sistema silvopastoril. También, se caracterizó por alta cobertura del suelo, la que no tuvo diferencias significativas entre años en cada época estacional y estuvo alrededor de 96, 5 y el 99% para la época poco lluviosa y lluviosa, respectivamente. Su composición botánica estuvo dominada por la presencia de las leguminosas con valores entre 50 y 80 % en la época poco lluviosa, mientras que en la lluviosa fue entre 75 y 80%. Las leguminosas rastreras tienden a mantener cubierto el suelo y producen alto contenidos de hojarasca (Crespo *et al.*, 2005), lo que unido a su baja relación C:N favorecen al reciclado de los nutrientes del

suelo. La descomposición de dichos residuos ocurre más rápidamente que en el caso de pastizales con leguminosas (Crespo, *et al.*, 2000). Según Vargas y Valdivia (2005) las leguminosas rastreras permiten la recuperación de la fertilidad del suelo porque mejoran la estructura y el pH, favorecen la biodiversidad de la fauna edáfica, la cobertura del suelo y permiten además, mayor captura de carbono. Además, diversas experiencias han documentado que el contenido de CAS entre los 20 y 80 cm de profundidad del suelo puede ser duplicado o triplicado con la inclusión de leguminosas en los pastizales (Arias *et al.*, 2001).

Así mismo, el sistema con monocultivo de guinea mostró valores de materia orgánica en el suelo para las tres profundidades estudiadas, inferiores a los otros sistemas en estudio (ver figura 1), factor que debió ser determinante en el comportamiento del CAS y que pudo deberse a las características de la vegetación descritas con anterioridad, las que poseen no solo bajo valor nutritivo sino que también relación C:N poco favorable para la descomposición de la materia orgánica depositada en el suelo. Estas características evidenciaron signos de deterioro en pastizal. Estudios realizados por Ibrahim *et al.*, 2007, mostraron que las pasturas con pastos mejorados cuando se encuentran deterioradas, como es nuestro caso, no suelen aportar significativamente al secuestro de carbono e incluso pueden emitir carbono a la atmósfera, mientras que las pasturas mejoradas con árboles generan usos de la tierra con mayor potencial para el secuestro de carbono, que las pasturas degradadas. Estos autores también encontraron que sistemas con pasturas mejoradas, sin degradarse o deteriorarse, pueden contribuir a la captura del carbono con valores entre 81.3 y 132.5 T C ha⁻¹. Dichos resultados indicaron que las pasturas mejoradas, siempre que no se encuentren deterioradas, pueden almacenar altos contenidos de CAS, lo que está relacionado con su alta producción de biomasa, sus posibilidades para mayores deposiciones de materia orgánica y con las características de sus sistemas radiculares, todo lo que contribuye directamente a sus posibilidades para almacenar carbono en el suelo. A partir de ellos, se puede inferir que lograr sistemas de pasturas mejoradas estables y productivos puede ser una vía para lograr capturas de carbono en correspondencia con las potencialidades de cada sistema.

Por su parte, el sistema con banco de biomasa con CT-115 al evaluarse en dos vaquerías con más de 8 años en explotación (Vaquería B y Genético 4, ambas del Instituto de Ciencia Animal) mostró que para ambas profundidades evaluadas el CAS entre años consecutivos de explotación este indicador aumentó y de igual manera ocurrió para la profundidad de 0 a 30 cm (tabla 12). Aunque no se comparó entre vaquerías, Genético 4 con nueve años de explotación continua y en un suelo pardo tuvo valores numéricos superiores de CAS que la Vaquería B con solamente 5 años en explotación y ubicada en un suelo ferralítico. Los factores tiempo de explotación y tipo de suelo pudieron ser determinantes en este comportamiento. Moreno *et al.*, (2003) afirmaron que entre los factores primordiales que determinan la captura del carbono están el tipo de suelo, el historial del uso de la tierra y el manejo a que se somete el área evaluada.

Los valores alcanzados en ambos sistemas en los tres años de evaluación van de 38 a 60 t C /ha y son superiores a los que reportó FAO (2002), como promedio, para la región tropical, los que ésta fuente indicó que fluctúan entre 35 y 40 t C/ha de 0 a 30 cm de profundidad. Este comportamiento debió estar relacionado con las características de la tecnología de banco de biomasa con CT-115, anteriormente mencionadas, ya que el carbono en el suelo está almacenado como parte de la materia orgánica (Post *et al.*, 1982) y los contenidos de materia orgánica y su dinámica dependen entre otros factores de la vegetación, sus peculiaridades y manejo.

Tabla 12. Carbono almacenado en el suelo en los sistemas evaluados.

Sistema	Profundidad (cm)	Carbono almacenado en el suelo (t ha ⁻¹)			ES y Sign
		2005	2006	2007	
Genético 4	0 a 15	22.19 ^a	25.92 ^b	31.75 ^c	0.05 ^{***}
	15 a 30	21.15 ^a	22.31 ^a	28.8 ^b	0.14 [*]
	Total evaluado (0 a 30 cm)	43.34^a	48.23^b	60.55^c	0.02^{**}
Vaquería B	0 a 15	21.89 ^a	24.42 ^b	26.55 ^c	0.08 ^{***}
	15 a 30	16.57 ^a	23.12 ^b	24.20 ^b	0.10 ^{**}
	Total evaluado (0 a 30 cm)	38.46^a	47.54^b	50.75^c	0.11^{***}

*** P < 0.001, **P < 0.005, *P < 0.05

En Nicaragua, Ibrahim *et al.*, (2007) compararon el comportamiento del carbono almacenado en diferentes usos de la tierra como pastura degradada, pasturas con varios niveles de densidad de árboles, vegetación secundaria, bosque secundarios y banco de biomasa con *Pennisetum purpureum* con 4 años en explotación y encontraron que este último uso de la tierra estuvo entre los sistemas con mayor cantidad de carbono total (biomasa y suelo) con un valor de 130.6 t C /ha. De ello, 124.6 t/ha se correspondieron al CAS en un metro de profundidad, valor solo superado por el obtenido en el bosque secundario. El 75% del C orgánico del suelo se encuentra entre los 20 y 80 cm de profundidad (Fisher y Trujillo, 2000 y Amésquita *et al.*, 2004) por lo que se estimó que de 0 a 30 cm hubo 40 t C/ha, aproximadamente.

En nuestro estudio, con el CT-115 se obtuvieron valores superiores de CAS que los encontrados por Ibrahim *et al.*, (2007) para este género, a excepción del valor obtenido en la vaquería B en el año 2004. Este sistema, en ese momento tenía el menor tiempo de

explotación lo que pudo ser una de las causas de este inferior valor, el que posteriormente se incrementó con el tiempo de explotación del sistema.

Como mencionamos previamente, el CAS depende del tipo de suelo, del manejo del pastoreo, estado fisiológico del pasto y el contenido de nutrientes (Fisher y Trujillo 2000). El pasto CT-115 aunque pertenece al género *Pennisetum* posee diferentes características que su progenitor no solo fenotípicamente sino también en su comportamiento productivo y por lo tanto en su manejo. El uso en pastoreo hace que sea diferente que cuando se emplea como forraje de corte. Además, el propio pastoreo condiciona la presencia de los animales en el área que ocupa y hace que se depositen las bostas y la orina, lo que debe contribuir al reciclaje de los nutrientes del suelo y a los contenidos de materia orgánica como principal fuente de carbono edáfico.

Por otra parte, el hecho que el CAS del banco de biomasa con *P. purpureum* en los estudios de Ibrahim *et al.*, (2007) indicaran que solo fue superado por el bosque secundario nos mostró la importancia que puede tener el uso de esta especie en los sistemas ganaderos como alternativa para mejorar la captura del carbono.

De igual manera, nuestros valores son superiores a los encontrados por Arias *et al.*, (2001) los que aseveran que la cantidad de carbono almacenado en las pasturas tropicales en el suelo y la vegetación herbácea se estima entre 16 y 48 t/ha. Estos autores aseguran que al comparar las sabanas con las pasturas con base en gramíneas "mejoradas", estas últimas secuestran más carbono en partes profundas del perfil de suelo, generalmente debajo de la capa arable (10-15 cm, generalmente). Esta característica hace que este carbono esté menos expuesto a los procesos de oxidación y por tanto su pérdida como gas invernadero.

Se concluye que los contenidos de CAS están en función del uso y manejo del suelo y están directamente relacionados con el contenido de materia orgánica. En la profundidad de 0 a 45 cm la mayor acumulación de CAS ocurre en los primeros 15 cm. El

sistema silvopastoril y el de mezcla de leguminosas rastreras tuvieron un incremento paulatino en el CAS con el paso del tiempo de explotación por lo que constituyen alternativas viables para brindar servicios ambientales en agroecosistemas de pastizales. De igual manera, la tecnología de banco de biomasa con CT-115 en suelos ferralíticos y pardos, cuando es correctamente utilizada puede ser una vía para aumentar el almacenaje de carbono en el suelo en la medida que se incrementa su tiempo de explotación. Esta tecnología logra valores de almacenaje de carbono en el suelo, superiores a los valores promedios reportados para los pastos tropicales. Se recomienda continuar realizando estos estudios para determinar el carbono total almacenado en el sistema por las diferentes tecnologías y el empleo de sistemas silvopastoriles, mezclas de leguminosas rastreras y banco de biomasa para mejorar el almacenaje de C en el suelo y lograr sistemas de pasturas mejoradas estables y productivos como vía para lograr capturas de carbono en correspondencia con las potencialidades de cada sistema.

Conclusiones y recomendaciones

Las tecnologías: silvopastoril basada en *Leucaena leucocephala*/*Panicum maximum*; la asociación de gramíneas y mezcla de leguminosas rastreras para la producción de carne y el banco de biomasa pasto elefante “Cuba CT-115” como alternativa de pastoreo para el período seco en el trópico constituyen alternativas tecnológicas viables para lograr en sistemas ganaderos tropicales su sostenibilidad productiva y ecológica, además de poder ofrecer un servicio ambiental por sus potencialidades para almacenar carbono en el suelo con el incremento del tiempo de explotación siempre que sean adecuadamente manejadas.

Se recomienda difundir estos resultados y continuar realizando estudios acerca del impacto de estas en diferentes condiciones edafoclimáticas.

Bibliografía

Amézquita, MC; Ibrahim, M; Buurman, P. 2004. Carbon Sequestration in Pasture, Agropastoral and Silvopastoral Systems in the American Tropical Forest Ecosystem. *In* Mannelje, L't; Ramírez, L; Ibrahim, M; Sandoval, N; Ojeda, JK. eds. The Importance of Silvopastoral Systems in Rural Livelihoods to Provide Ecosystem Services (2, 2004, Merida, MX). Memoria. Mérida, Yucatán, México. P. 303-309.

Anon, 2011. El dióxido de carbono, emisiones y sumideros. En línea: <http://www.homepage.mac.com/uriarte/caracteristicasco2.html>. Consultado: Marzo 2011.

Arias, K., Ruiz-Silvera, C., Milla, M., Messa, H.F. y Escobar, A. 2001. Almacenamiento de carbono por *Gliricidia sepium* en sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela. *Livestock Research for Rural Development*, Volume 13, Number 5, October 2001. ISSN 0121-3784.

Botero J. A. 2011. Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de Carbono. En línea: <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4435S/y4435s07.htm>. Consultado: Abril, 2011.

Brown, S. y Lugo A. 1984. Biomass of Tropical Forest: a New Estimate Based on Forest Volumes. *Science* 223:1290-1293.

Cairo, P. y Fundora, O. 1994. Constituyentes principales de la materia vegetal. En: *Edafología*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p.73.

EPA. 1994. *Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-1993*. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. National center for environmental publications and information. Cincinnati. 74p.

Espinosa, Y. 2006. Secuestro de Carbono en el Suelo. Red Engormix. En línea: <http://www.078-p0.htm>. Consultado: Abril, 2011.

Espinoza, Y. 2000. Dynamics and mechanism of stabilization of C and N in soil. Ph.D. Diss. Kansas State Univ., Manhattan.

Fisher M y Trujillo W 2000 Fijación de carbono por pastos tropicales en las sabanas de los suelos ácidos neotropicales. *In* Intensificación de la Ganadería en Centroamérica:

Beneficios Económicos y Ambientales. C. Pomareda y H. Steinfeld (editores). CATIE/FAO/SIDA, San José, Costa Rica. p 115-135.

Giraldo, L.A.; Zapata, M. & Montoya, E. 2006. Estimación de la captura de carbono en silvopastoreo de *Acacia mangium* asociada con *Brachiaria dyctioneura* en Colombia. *Pastos y Forrajes*. 29:421.

Hernández, R. M. y D. López. 2002. Microbial biomass, mineral nitrogen and carbon content in savanna soil aggregates under conventional and no tillage. *Soil Biol. and Biochem.* 34:1563-1570.

Lal R., 2004, Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security, *Science*, 304, 1623-1627.

López, A., Schlönvoigt, A., Muhammad, I., Kleinn, C. y Kanninen. M. 2011. **Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica.** *Rev. Agroforesteria en las Américas*.

McVay, K.A. & Rice, C.W. 2002. Soil organic carbon and the global carbon cycle. Kansas State University. En línea: [http:// www.oznet.ksu.edu](http://www.oznet.ksu.edu). Consultado: Octubre 2007.

Muhammad Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce., G., Vega, P., Casasola, F. y Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforesteria en las Américas*. No 45. pp. 27-36.

Vargas, Y. y Valdivia, L. A. 2005. Recuperación, mediante leguminosas rastreras, de suelos degradados (ex cicales) en la Selva Alta del Perú. *Mosaico Cient.* 2(2). pp 78-83.

LEGISLACIÓN VETERINARIA

Normas oficiales mexicanas aplicadas a la sanidad y producción animal

Laura Arvizu Tovar⁵

La Medicina Veterinaria y Zootecnia es una profesión que ha participado activamente en el desarrollo de la economía nacional a través de sus aportaciones a las diferentes áreas de la producción animal; así como, en la resolución de problemas de salud animal y salud pública que han afectado a nuestro país a lo largo de su historia.

La profesión está regulada por un conjunto de normas jurídicas y éticas, a fin de que el médico veterinario zootecnista, en su práctica se desenvuelva en un ámbito de honestidad y legitimidad en beneficio de la sociedad.

En esta era de globalización la comunidad internacional ha desarrollado foros especializados en materia de sanidad animal, para promover el intercambio de propuestas y dar solución a la problemática generada por los intercambios comerciales. Por lo que la dinámica normativa esta en continua evolución y México debe estar acorde a ella.

Otro punto importante, es diferenciar que por regulación normativa se entiende el conjunto de disposiciones jurídicas previstas en diversos ordenamientos generales, independientemente de su jerarquía normativa (constitución, ley, reglamento, decreto o acuerdo presidencial, norma oficial mexicana, directiva), ya que para quienes no somos abogados, llegamos a incurrir en el manejo indistinto de ésta.

⁵ Médico Veterinario Zootecnista y Licenciada en Ciencia Política y Administración Pública por la UNAM. Maestra en Administración Pública por el Instituto Nacional de Administración Pública, A.C. Profesora de la asignatura de Marco Legal de la MVZ, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

Además, se observa que la ley, una vez publicada, debe ser de conocimiento general, y por lo tanto, su obligatoriedad, por ello se plantea el problema de la ignorancia del derecho. La ignorancia de la ley no sirve de excusa en caso de incumplimiento. En el artículo 21 del Código Civil Federal se señala a este respecto “*La ignorancia de las leyes no excusa su incumplimiento...*”

Los profesionistas por desconocimiento de la normatividad que deben observar en el desempeño de sus funciones, incurren en el incumplimiento de ésta, o bien, se ven imposibilitados de ejercer de manera eficiente; es por ello, que haciéndolos conocedores del marco normativo que regula su actividad, contarán con elementos para la toma de decisiones en su ejercicio profesional.

Para una mejor aplicación de la normativa en el ejercicio profesional es conveniente conocer y saber aplicar la *Jerarquía de normas*. Cuando dos normas están al mismo nivel están en relación de *coordinación*. Si una de ellas es superior a la otra, están en relación de *supra ordinación* o *subordinación*. Siempre se observará la de mayor jerarquía. Figura 1.



Fig. 1 Jerarquía de normas

Las leyes contienen principios y enunciados de carácter general, rara vez entran en detalles y particularidades, puesto que la finalidad del acto legislativo consiste en establecer la normatividad genérica aplicable globalmente a una materia determinada.

El reglamento se compone de disposiciones generales, abstractas, imperativas y coercibles que deben desarrollar y completar, pero nunca exceder ni contrariar a la ley que reglamentan.

Existen también reglamentos expedidos por las Secretarías o por los Departamentos de Estado, que reciben el nombre de “*reglamentos internos* (o interiores)”, porque reglamentan el funcionamiento interior de alguna labor desempeñada por esas instituciones.

En un nivel jerárquico inferior a los reglamentos se encuentra una serie de disposiciones de carácter administrativo, que son materialmente legislativas pero formalmente administrativas (Ley hecha por el Ejecutivo). La facultad reglamentaria conforme al art. 89, frac. I constitucional, corresponde única y exclusivamente al titular del Poder Ejecutivo y no a los secretarios de Estado; sin embargo, tanto aquél como éste expiden constantemente gran cantidad de disposiciones con el carácter de acuerdos, circulares, decretos, de alcance general; cuyo objeto es dar cumplimiento a leyes o a reglamentos que atañen a la Administración Pública.

Así, un reglamento se puede definir como: “Una *norma o conjunto de normas jurídicas de carácter abstracto e impersonal que expide el Poder Ejecutivo, en uso de una facultad propia y que tiene por objeto facilitar la exacta observancia de las leyes expedidas por el Poder Legislativo*”.

Este procedimiento facilita la modificación de los reglamentos, el uso de la facultad reglamentaria permite que la legislación se pueda ir adaptando oportunamente a las

circunstancias cambiantes para ser aplicada, adaptación que no sería posible si dependiera del Poder Legislativo, ya que éste tiene procedimientos más complicados y periodos reducidos de funcionamiento.

Después de los reglamentos están las normas oficiales mexicanas, definidas como la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias normalizadoras que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se le refieran a su cumplimiento o aplicación.

De la mejora regulatoria en México

Es conveniente señalar que en el marco de la Administración Pública y con base en la Ley Federal del Procedimiento Administrativo se contempla la Mejora Regulatoria como el conjunto de acciones que realiza el gobierno para mejorar la manera en que regula o norma las actividades del sector privado, y en general, en que interviene en la sociedad. Es una política pública que abarca tanto estrategias regulatorias específicas (por ejemplo, la selección de una regulación coercitiva o compensatoria, obligatoria o voluntaria) como el proceso de elaborar regulaciones.

Los principales elementos de la mejora regulatoria son:

1. La desregulación, es decir, la eliminación parcial o total de la regulación vigente en sectores económicos o áreas regulatorias específicas,
2. el análisis y la modificación de regulaciones propuestas o vigentes,
3. la creación de nuevas regulaciones para subsanar vacíos jurídicos existentes u originados por los cambios económicos, sociales y tecnológicos,
4. el diseño de los procesos mediante los cuales se elaboran y aplican las regulaciones.

De acuerdo a la *Reforma Regulatoria en México* de la OCDE, la aplicación de la mejora regulatoria en México ha producido importantes beneficios al:

- Reducir precios y aumentar la calidad y las opciones para los consumidores y las empresas mexicanas.
- Mejorar la eficiencia productiva, reduciendo los costos de insumos tan importantes como las comunicaciones y el transporte, y promover así la competitividad. Esto ha contribuido al crecimiento del sector exportador mexicano.
- Promover la inversión y la innovación en nuevos productos y tecnologías, así como la adopción de métodos modernos de bajo costo por parte de nuevos competidores. En el transporte, las telecomunicaciones y otros sectores, la privatización y la eliminación de trámites excesivos alentaron a las empresas a invertir en nuevas tecnologías.
- Aumentar la adaptabilidad de la economía mexicana para poderse recuperar de las severas crisis económicas con mayor rapidez y a un menor costo.
- Establecer instituciones y métodos que permiten a México alcanzar sus metas regulatorias, tales como la salud humana, la seguridad laboral y la protección ambiental, a un menor costo.

Su creación y facultades tienen origen en el Título Tercero A de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.

Su mandato es garantizar la transparencia en la elaboración y aplicación de las regulaciones, y que éstas logren beneficios mayores a sus costos para la sociedad.

Sus principales funciones son:

- Evaluar el marco regulatorio federal,
- diagnosticar su aplicación, y
- elaborar, para consideración del Presidente de la República, proyectos de disposiciones legislativas y administrativas y programas para mejorar la regulación en actividades o sectores económicos específicos

Para ello, cuenta con la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (COFEMER), conformado por representantes de los distintos sectores productivos del país.

La COFEMER es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Economía con autonomía técnica y operativa. Su objetivo es promover la transparencia en la elaboración y aplicación de las regulaciones y que éstas generen beneficios superiores a sus costos y el máximo beneficio para la sociedad. Tendrá las siguientes atribuciones:

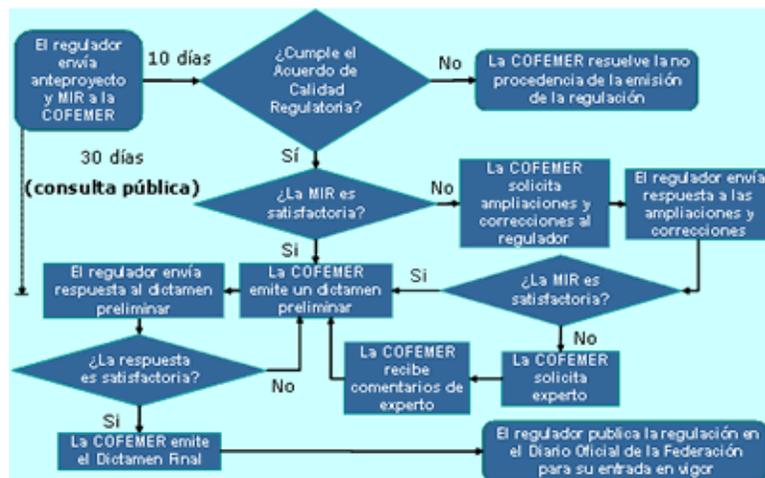
- I. Revisar el marco regulatorio nacional, diagnosticar su aplicación y elaborar para su propuesta al Titular del Ejecutivo Federal, proyectos de disposiciones legislativas y administrativas y programas para mejorar la regulación en actividades o sectores económicos específicos;
- II. Dictaminar los anteproyectos a que se refiere el artículo 69-H y las manifestaciones de impacto regulatorio correspondientes;

Cuando las dependencias y los organismos descentralizados de la administración pública federal, elaboren anteproyectos de leyes, decretos legislativos y actos a que se refiere el artículo 4 de la LFPA, los presentarán a la Comisión, junto con una manifestación de impacto regulatorio (MIR), que contenga los aspectos que dicha Comisión determine, cuando menos treinta días hábiles antes de la fecha en que se pretenda emitir el acto o someterlo a la consideración del Titular de Ejecutivo Federal.

La MIR ayuda a que las autoridades reguladoras consideren las mejores prácticas regulatorias durante el proceso de revisión de anteproyectos y permite la participación efectiva de los sectores productivos y del público en general en la formulación y revisión de los anteproyectos. Lo anterior, facilita la recopilación de información de las personas afectadas, propicia una discusión de las ventajas y desventajas de las regulaciones propuestas y promueve una rendición de cuentas más efectiva.

Además del proceso de presentación de la MIR, el 2 de febrero del 2007 se emitió el Acuerdo de Calidad Regulatoria, que tiene como finalidad:

1. Garantizar que la regulación incida positivamente sobre la ciudadanía y las actividades productivas; e,
2. Inhibir toda sobrerregulación que obstaculice la inversión, la generación de empleo y, en general, la competitividad.



Fuente:

<http://www.cofemer.gob.mx>

De las Normas Oficiales Mexicanas

La norma oficial mexicana, es la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias normalizadoras competentes a través de sus respectivos Comités Consultivos Nacionales de Normalización, de conformidad con las finalidades establecidas en el artículo 40 de la LFMN, establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

Las normas oficiales mexicanas tendrán como finalidad establecer:

- Las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales;
- Las características y/o especificaciones que deban reunir los servicios cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal o el medio ambiente general y laboral o cuando se trate de la prestación de servicios de forma generalizada para el consumidor;
- La descripción de emblemas, símbolos y contraseñas para fines de esta Ley;
- Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover la salud de las personas, animales o vegetales;

La LFMN faculta a las dependencias a expedir normas oficiales mexicanas, en las materias relacionadas con sus atribuciones, así como a constituir los *Comités Consultivos Nacionales de Normalización (CCNN)*, que son órganos para la elaboración de normas oficiales mexicanas y la promoción de su cumplimiento, los cuales son constituidos y presididos por la dependencia competente (fig. 2).

Los lineamientos para la organización de éstos, establecen que su composición debe asegurar la representación equilibrada de personal técnico de las dependencias competentes, de usuarios y/o consumidores, fabricantes de empresas de servicios, laboratorios y entidades de investigación, colegios de profesionales e institutos de enseñanza, lo que garantiza que los grupos sociales involucrados y la comercialización de productos, participen de manera directa en la formulación de normas, asegurando un procedimiento claro y transparente, evitando que se emitan disposiciones que no se justifiquen plenamente.

Los CCNN se rigen por los lineamientos para la organización de los mismos, aprobados y expedidos por la Comisión Nacional de Normalización.



Fig. 2 Dependencias que elaboran NOM's

La misma LFMN señala el Programa Nacional de Normalización (PNN), que es el instrumento informativo y de planeación que enlista los temas que serán desarrollados como normas oficiales mexicanas (NOM's), durante cada año. El programa se integra con información proporcionada por los Comités Consultivos Nacionales de Normalización encargados de la elaboración de NOM's, entre otros.

Los anteproyectos regulatorios elaborados por el poder ejecutivo federal (dependencias, organismos descentralizados y el propio Presidente de la República), que impliquen, o no, costos de cumplimiento para los particulares deben ser remitidos a la COFEMER para su revisión y dictamen antes de su expedición, junto con una manifestación de impacto regulatorio (MIR). Los anteproyectos y las MIR en revisión por la COFEMER, son documentos públicos que pueden ser consultados por cualquier persona interesada.

La MIR ayuda a que las autoridades reguladoras consideren las mejores prácticas regulatorias durante el proceso de revisión de anteproyectos y permite la participación efectiva de los sectores productivos y del público en general en la formulación y revisión de los anteproyectos.

Lo anterior facilita la recopilación de información de las personas afectadas, propicia una discusión de las ventajas y desventajas de las regulaciones propuestas y promueve una rendición de cuentas más efectiva.



Para la modificación de las normas oficiales mexicanas deberá cumplirse con el procedimiento que se llevó a cabo para su elaboración.

Cuando no subsistan las causas que motivaron la expedición de una norma oficial mexicana, las dependencias competentes, a iniciativa propia o a solicitud de la Comisión Nacional de Normalización, de la Secretaría o de los miembros del comité consultivo nacional de normalización correspondiente, podrán modificar o cancelar la norma de que se trate sin seguir el procedimiento para su elaboración.

Lo dispuesto en el párrafo anterior no es aplicable cuando se pretendan crear nuevos requisitos o procedimientos, o bien incorporar especificaciones más estrictas, en

cuyo caso deberá seguirse el procedimiento para la elaboración de las normas oficiales mexicanas.

Las normas oficiales mexicanas deberán ser revisadas cada 5 años a partir de la fecha de su entrada en vigor, debiendo notificarse al secretariado técnico de la Comisión Nacional de Normalización los resultados de la revisión, dentro de los 60 días naturales posteriores a la terminación del período quinquenal correspondiente. De no hacerse la notificación, las normas perderán su vigencia y las dependencias que las hubieren expedido deberán publicar su cancelación en el Diario Oficial de la Federación.

Del Registro de Trámites y Servicios

Por otro lado, los titulares de las unidades administrativas de las dependencias y organismos descentralizados de la administración pública federal, tienen varias obligaciones derivadas del Título Tercero de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo:

- I. La obligación de tener a disposición del público la información que esté inscrita en el Registro Federal de Trámites y Servicios (RFTS).
- II. La obligación de no exigir trámites adicionales a los inscritos en el RFTS.
- III. La obligación de no aplicar los trámites inscritos en el RFTS de manera distinta a como están inscritos.

La obligación de notificar al Responsable Oficial de Mejora Regulatoria de la Dependencia u organismo descentralizado la información a modificarse en el RFTS, dentro de los 5 días hábiles posteriores a la entrada en vigor de la disposición que fundamente dicha modificación. Ello para que el Responsable Oficial de la Mejora Regulatoria pueda cumplir a su vez con la obligación de informar a la COFEMER, dentro de los 10 días hábiles posteriores a la entrada en vigor de la disposición que fundamente dicha modificación, de conformidad con el segundo párrafo del artículo 69-N de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.

El Registro Federal de Trámites y Servicios (RFTS), es un registro público a cargo de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria, en el cual se deben inscribir todos los trámites que apliquen las dependencias y los organismos descentralizados de la Administración Pública Federal.

La Ley Federal del Procedimiento Administrativo en su artículo 69-B, señala que por trámite se entiende cualquier solicitud o entrega de información que las personas físicas o morales del sector privado hagan ante una dependencia u organismo descentralizado, ya sea para cumplir con una obligación, obtener un beneficio o servicio o, en general, a fin de que se emita una resolución, así como cualquier documento que dichas personas estén obligadas a conservar. Podemos distinguir seis tipos de trámites:

1. Trámite para cumplir con una obligación.
2. Trámite de conservación de información.
3. Trámite para obtener un servicio.
4. Trámite para obtener un beneficio.
5. Trámite para realizar una consulta.
6. Trámite para iniciar un procedimiento administrativo.

De las Disposiciones en Sanidad Animal⁶

La Ley Federal de Sanidad Animal en diversos numerales, ordena a la SAGARPA el emitir “Disposiciones de Sanidad Animal” (DSA’s), sobre determinados temas de gran interés para el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).

En virtud de lo anterior y ante el escenario actual, en el que no ha sido posible la publicación del Reglamento de dicha Ley, se realizó un estudio para determinar la viabilidad de emitir estas DSA’s, independientemente de la futura emisión del Reglamento.

⁶ Información proporcionada por el Lic. César López Amador.

En ese contexto, resulta conveniente traer a colación el tema de las “Cláusulas Habilitantes” (CH), en virtud de que se considera que cuando la LFSA ordena a la Secretaría la emisión de DSA’s, no se trata de una más de las modalidades en que el Ejecutivo Federal hace uso de sus facultades reglamentarias, sino que constituye una excepción al principio de división de poderes en la que el legislador habilita a determinados órganos de la Administración Pública Federal (APF) a regular cuestiones específicas.

Así pues, las Cláusulas Habilitantes son excepciones por virtud de las cuales el legislador, en la propia ley, habilita a determinados órganos del Estado, principalmente de la administración Pública Federal, para que expidan normas reguladoras de un aspecto técnico específico y complejo que por sus características dinámicas no puedan preverse con absoluta precisión en la ley. Por lo tanto, su naturaleza jurídica es la de ser actos administrativos formalmente legislativos.

“La facultad reglamentaria conforme al art. 89, frac. I constitucional, corresponde única y exclusivamente al titular del Poder Ejecutivo y no a los secretarios de Estado; sin embargo, tanto aquél como éste expiden constantemente gran cantidad de disposiciones con el carácter de acuerdos, circulares, decretos, de alcance general; cuyo objeto es dar cumplimiento a leyes o a reglamentos que atañen a la Administración Pública”.

Cabe señalar que, la SAGARPA a fin de cumplir con las obligaciones que le mandata la Ley Federal de Sanidad Animal y dar respuesta a la dinámica zoonosanitaria, no sólo se apoya en las normas oficiales mexicanas, sino también en: decretos, acuerdos, lineamientos; sujetos de igual manera a consulta pública, como lo vimos en el apartado de la mejora regulatoria.

Referencias:

Bibliográficas.-

1. Arvizu Tovar, L.O., Márquez Rábago, S. R.: *Marco Legal de la Medicina Veterinaria y Zootecnia. Defensa jurídica del gobernado*. Ed. El Manual Moderno. México, 2008.
2. De Pina Vara Rafael: *Diccionario de Derecho*. Editorial Porrúa, México 2000.

3. Fraga, Gabino: Derecho Administrativo. 40ª ed. Editorial Porrúa. México, 1997.

Legislativas.-

4. Ley Federal del Procedimiento Administrativo. Nueva Ley publicada en el DOF el 4-08-1994. UR el 15-12-2011.
5. Ley Federal de Sanidad Animal. Nueva Ley publicada en el DOF el 25-07-2007.
6. Ley Federal sobre Metrología y Normalización Publicada en el DOF el 1-07-1992. UR el 30-04-2009.

Mesográficas.-

7. Página electrónica de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (COFEMEER): www.cofemer.gob.mx.

PROPUESTAS Y CONCLUSIONES

Propuestas y conclusiones

En el tema de Cambio climático, se ha empezado tarde, las políticas son muy lentas en nuestro país; se necesita que la ciudadanía y los investigadores forcen a la autoridad, no dejar que lo hagan quienes no conocen del tema. El sector ganadero tiene mucho que aportar en este sentido, por ejemplo, debe exigir a la autoridad que apruebe una ley contra el cambio climático, donde se enmarquen las políticas públicas.

El cuidado del agua es un problema complejo que solo exigirle al ciudadano no es suficiente, cuando lo que se atender son las cuencas hidrológicas; y cada seis años se hace un plan nacional estratégico que propone el presidente de la republica mexicana, donde se toman en cuenta las cuencas, pero no se le da seguimiento a estas políticas. Adicionalmente, y producto del calentamiento global se proyecta una reducción del 10% anual en la disponibilidad de agua y estas condiciones medioambientales estarán afectando sustancialmente la producción de alimentos mundialmente. Sin embargo, dada la creciente población humana, la FAO afirma que se necesitará producir 50% más de comida. Esta situación se vuelve más compleja porque también existe una amplia deforestación para la actividad agrícola y para la producción de forrajes, por ejemplo, en Brasil hay una plancha tremenda de siembra de soya desplazando zonas de la selva amazónica. Y los sistemas intensivos de producción de alimentos con el uso de fertilizantes inorgánicos contribuyen empobreciendo los suelos, y con ese costo ecológico se sostiene la producción de alimentos en nuestro país; por ejemplo el 26% de la comida en México se produce en el estado de Sinaloa. En general, los factores sobre las causas del cambio climático se resume desde 1971, en la publicación "*Nature Paul El drich*", que habla sobre los impactos de los seres humanos en el ambiente, considera tres factores: Población humana, Consumo y Tecnología; es necesario saber cómo modificar cada uno de ellos. Con base a la discusión y análisis en mesas de trabajo y los argumentos de las plenarias en la VII Cátedra CUMex en primera sesión, se concluye y anotan las propuestas emanadas de este evento académico:

- Una de las propuestas que puede resultar más relevante y sobre todo eficiente para tratar de revertir las consecuencias del cambio climático, está en inculcar en los estudiantes universitarios de todas las áreas los temas relacionados con este aspecto, pero sobre todo en los de áreas como biología, agricultura y específicamente en los de medicina veterinaria, para crear mayor conciencia al respecto. Que las autoridades de las instituciones de medicina veterinaria incluyan en los planes de estudio materias y cursos que tengan que ver con el tema del cambio climático, puesto que al parecer hasta el momento solo en Chapingo se abordan estos temas. Además que no se limite a las clases escolares, sino a que estén en continuo contacto con su comunidad; es un reto para los estudiantes y una responsabilidad el generar conocimientos y trabajar en torno a las consecuencias del cambio climático en el bienestar animal. Debe existir una participación más activa de los académicos puesto que son la parte informada de la sociedad; deben tomar poder para la implementación de políticas públicas.
- Tanto los médicos veterinarios como los ingenieros agrónomos deben participar en los eventos del cambio climático, a todos los sectores sociales se les debe hacer saber las situaciones actuales.
- Es importante que haya conciencia en los involucrados en el sistema, que cada uno haga lo que le corresponde, que participen los diversos sectores sociales, tanto el gobierno (SAGARPA), como las instituciones de educación (universidades) y otros organismos sociales, para establecer de manera conjunta las políticas y directrices tendientes a realizar cada acción para conservar los recursos, ir a los niveles de los gobiernos de los estados y municipios en función de sus necesidades y características, recursos naturales, industrias, dictar políticas para esos lugares en particular. Luego pasar a los productores agrupados en formas de producción, en donde cada

productor tiene que cumplir con los lineamientos, hasta llegar al productor primario, quien es el encargado de ejecutar las acciones propuestas en los programas de gobierno.

- Las instituciones y personas que desarrollan la actividad científica en cualquier campo del conocimiento deben manifestarse por conservar los recursos, evitando la deforestación, deben tomar una actitud consciente de combatividad para que quienes tienen el poder, tomen decisiones oportunas y adecuadas. Ya que desde hace varias décadas se realizan grandes deforestaciones; esto rompe el ciclo hidrológico y provoca mayor erosión, no se cuida el agua cuando se riegan las siembras, que son las que requieren mayor volumen. Hay muchas cosas que por la falta de eficacia y aplicación de la ley han provocado estas situaciones.
- Hacen falta mayores y mejores estrategias de difusión en los medios masivos de comunicación para dar a conocer la realización de congresos y reuniones que traten la temática del calentamiento global.
- Una alternativa palpable es la obtención de nuevas variedades resistentes a las sequías y a la salinidad, por ejemplo existen variedades de *Brachiaria* resistentes a la sequía, se han evaluado variedades que podrían responder a la resistencia a la sequía, también clones que son resistentes a la salinidad.
- Existen alternativas para la aridez, se puede llegar a prosperar en los sistemas silvopastoriles. México es proveedor del germoplasma nativo más abundante. Se están haciendo cotipos de *Leucaena leucocephala* que pueden adaptarse hacia la aridez.
- Se está proponiendo que es mejor una restauración de los servicios de ecosistemas que la infraestructura. En cuestiones de la biodiversidad, la naturaleza tiene la capacidad de recuperarse y esa es la mejor medida que se pueda implementar.
- El gobierno convoca a la participación social (a los empresarios) cuando son gente empoderada, e inclusive los académicos son

agentes empoderados, pero no se convocan a las ONGs, jóvenes o niños, productores de alimentos, mujeres, indígenas, trabajadores sindicalizados. El gobierno debe revisar las preocupaciones de la sociedad, para estructurar sus programas sociales y así transformar los indicadores de trabajo en su gobierno.

- Se deben vincular todos los sectores con la finalidad de que a medida que esta alternativa se pueda ofrecer al productor, contribuya a conservar el medio ambiente. Aunque existen ordenamientos ecológicos del territorio, muy pocos municipios en el país (no más de 50) lo hacen efectivo, por lo que es necesario invitar a la autoridad municipal en país para construir programas para mitigar el los efectos del cambio climático.
- Además se debe promover la utilización de fertilizantes orgánicos con lo cual automáticamente se disminuiría la utilización de fertilizantes inorgánicos. Se ha hablado de lombricomposta y fertilizantes orgánicos, en los sistemas silvopastoriles. Promover la concientización de la gente para regresar a la agricultura con la utilización de abonos orgánicos. A los lugares utilizados para generar alimento hay que agregar fertilizantes y agua pues ya no son tierras fértiles. Se está ampliando la frontera de la reconversión de huertas agrícolas para realizar una recuperación de los suelos.

En lo referente al tema bienestar animal y como consecuencia de la VI cátedra CUMex celebrada en el CUCBA de la Universidad de Guadalajara; se planteó como seguimiento de los acuerdos del 2011 en bienestar animal en la producción animal para abordarse en esta VII Cátedra CUMex, para ampliar los alcances sobre el tema. Como se sabe, existe evidencia que en el mundo y particularmente en México se ha convertido en los últimos años en un asunto importante de política pública internacional; el sector agropecuario está cambiando vertiginosamente debido a las tendencias mundiales de globalización, internacionalización de mercados y acuerdos

comerciales multinacionales. Aunque la presión de la sociedad en general como agente de cambio, por tratar mejor a los animales, ya sea de compañía, entretenimiento o de abasto ha sido fundamental. Por lo que la medicina veterinaria y zootecnia en su perfil de egreso debe de promover la producción animal considerando el bienestar animal, motivos por los cuales se acordó lo siguiente:

- Hay que hacer un trabajo en las facultades para ordenar sus pensamientos y aclarar las funciones del veterinario en la sociedad y en el bienestar animal.
- La profesión es muy amplia, y en ella la parte central es la científica (bacteriología, biología, fisiología, etc.); el médico veterinario está bien entrenado; sin embargo ni las normas éticas ni los conocimientos jurídicos se tienen bien contemplados; así es de que en la práctica se tienen que adquirir conocimientos de aspecto jurídico, contable, económico y comercio internacional; además a los colegios les compete complementar la formación del médico para que realice un ejercicio adecuado de la profesión.
- Se debe universalizar el concepto de bienestar animal, de manera que cualquier persona lo pueda entender. Educar a la gente en diferenciar entre los bienestaristas y los proteccionistas. El bienestar es un reto no solo por lo difícil de entender sino por la necesidad alimenticia que crece en el mundo.
- Es recomendable que la propuesta de Ley general de bienestar animal se generalice a todas las entidades federativas para que con apoyo de los colegios de médicos veterinarios, los gobiernos estatales puedan aprobarla. Sin embargo, más allá de esto, se debe comenzar con incluir estos aspectos en el ámbito educativo, para que se vaya moldeando una cultura jurídica que los ciudadanos no tenemos. Los médicos veterinarios deben tener los elementos suficientes primero, para poder consultar y luego poder ejecutar cualquier ordenamiento jurídico. Para complementar la formación,

además de la parte técnica podemos enfocarnos en la formación y actualización en la normatividad si esta temática se incluyera en los programas de estudio, debería ser una materia teórico-práctico, inclusive que todas las materias incluyeran su marco jurídico; enfocar la enseñanza de la materia a darles los elementos básicos, de manera puntual detectar los elementos que en la realidad le van a ayudar a realizar su trabajo como profesional. Es parte de la ética profesional.

- Invitación a sumarse a la red nacional de bienestar animal promovida por el CUCBA, U de G. Ya que la intención de la red es multiplicar la acción a través de todos los que les interesa el bienestar animal, la red no tiene todas la respuestas y es mejor que no las tenga porque sería como una imposición, formación de grupos dentro de las escuelas veterinarias y que empiecen a funcionar en sentido de su rama, con su experiencia, su realidad y su entorno.
- Invitación a usar, adaptar, modificar y validar los protocolos de auditoría para evaluar el bienestar animal y su importancia como herramienta objetiva. Y es importante trabajar en el tema de las características de la ganadería intensiva predominante en México como por ejemplo los implantes hormonales, descornes, trabajo de niveles de energía altos, etc.
- Los protectores de animales influyen mucho en los estudiantes, cuando el gobierno desea crear o aplicar una norma, se ve mal ya que hay una confusión de los estudiantes y eso impide que fluya el trabajo del gobierno de hacer una protección de los animales para proteger a las personas. Por lo que se debe separar y establecer los criterios que tocan los temas de protección de los animales, dependiendo si son para consumo de alimentos, exposiciones, exhibiciones.
- Los conceptos son “ética profesional” como formación del individuo, “legislación” y “bienestar animal” pero que se incluya dentro de la ética profesional, “la bioética” está dentro de la ética, que no se manejan como dos cosas diferentes. Se tienen 5 años de la carrera para reforzar ese perfil

jurídico de acuerdo a la materia, los elementos de bienestar animal de acuerdo a la materia, de modo que se va reforzando.

Por otra parte, sobre el tema de Legislación Veterinaria se debe comentar antes que todo, que se acordó que este tema se retomara en el foro sobre Legislación Veterinaria que se celebrara el mes noviembre de 2012 en la ciudad de Veracruz dado el requerimiento de ampliar la información en la reunión nacional de CONASA. No obstante las propuestas y conclusiones elaboradas en la VII cátedra CUMex son:

- El médico veterinario zootecnista debe conocer a fondo las normas oficiales mexicanas para tener las herramientas adecuadas para la toma de decisiones. Debe participar en las modificaciones y actualizaciones que se realicen a las normas.
- La legislación en la educación veterinaria es importante dentro del mapa curricular, la mayoría de las escuelas tiene contemplado esto en el 4° o 5° semestre. La sugerencia es que esta asignatura sea de las últimas en los programas de medicina veterinaria.

Incluir en el plan de estudios de la licenciatura en medicina veterinaria y zootecnia propuestas tendientes a mejorar la educación en Legislación Veterinaria. Se cuenta el con marco jurídico pero muy pocas horas destinadas a esta asignatura en los programas de estudio, por lo que se debe hacer la propuesta y homologar los programas de estudios en el país.