ÓRGANO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN CANÓFILA MEXICANA A.C.

AÑO 8, NÚMERO 27, 2020. ISSN: 2007-5952

ACMEVEZ

ACTUALIDADES EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA MÉXICO

LA RESISTENCIA A LOS ANTIMICROBIANOS: UN PROBLEMA QUE NOS AFECTA A TODOS

·CONCEPTOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA EN PERROS Y GATOS

·DIMORFISMO SEXUAL MEDIANTE EL USO DE LA MORFOMETRÍA EN *Felis silvestris catus* (SCHREBER, 1775)

acmevez

@acmevez

www.acmevez.mx

FEDERACIÓN·CANOFILA·MEXICANA.AC

fcm.mx

FEDERATION CYNOLOGIQUE INTERNATIONALE FCI

fci.be

MVZ FCM MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA EN PEQUEÑAS ESPECIES

escuelaveterinariafcm.edu.mx

80 ANIVERSARIO 1940 2020

VISíTANOS EN:

www.fcm.mx

Conoce los servicios de la FCM

Revisa el calendario de eventos

Publicaciones FCM, Mejores Perros del Año
Criaderos, Escuelas y más...

80 ANIVERSARIO

1940 2020

Festejamos el 80 Aniversario de la Federación Canófila Mexicana, AC.

Tú eres parte muy importante
en esta historia

¡Muchas gracias!

Sigamos cuidándonos

www.fcm.mx

DIRECTORIO FCM

CONSEJO DIRECTIVO
Sr. Gerardo Heredia Velasco
Sr. Fujimoto Masanori Takahara
MVZ Manuel Rangel Quintanar
Sr. Juan Miranda Juárez
MVZ César Miguel Delgado Contreras
MVZ Jesús Andrés Villalobos Díaz
Sr. Oswaldo Alfaro Rivero
Lic. Teresa Rodríguez Yrízar

PATRONATO F.C.M.
MVZ José Luis Payró Dueñas
Sra. Eugenia Salazar de García
Sr. Juan Luis Martínez Gutiérrez
Sr. Juan Martínez Cruz

SOCIOS HONORARIOS
Sra. Geraldine Church
Dra. Phyllis H de Duffy
Sra. María Teresa Álvarez y Sienra
Sra. Luz de Gracia Roiz Corbalá

SOCIOS PROTECTORES
MVZ Valerie Vogt de Pesqueira
Lic. Patricia Rosado
CPA Ma. Eugenia Lieberman
MVZ Valerio Rivero Medina
Lic. Carlos Álvarez del Castillo

COORDINADOR DEL COLEGIO DE JUECES DE TRABAJO, DEPORTE Y AGILIDAD
Sr. Juan Martínez Cruz

EDITOR RESPONSABLE
MVZ José Luis Payró Dueñas

DIRECTOR EDITORIAL
MVZ César Miguel Delgado Contreras

FEDERACIÓN CANÓFILA MEXICANA
MIEMBRO FEDERADO DE LA FÉDÉRATION CYNOLOGIQUE INTERNATIONALE (F.C.I.) THUIN, BELGUIQUE

En Ciudad de México
Tels: 55 56 55 93 30 y 55 56 55 93 44

www.fcm.mx
info@fcm.mx

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

La FCM está registrada en RENIECYT
No. 1800058
Registro Definitivo

CONTENIDO

4 **LA RESISTENCIA A LOS ANTIMICROBIANOS: UN PROBLEMA QUE NOS AFECTA A TODOS**
Gutiérrez-Blanco E[1], Aguilar-Caballero A[1], Bolio-González ME[1], Gutiérrez-Ruiz E[1], Ortega-Pacheco A[1], Rodríguez-Vivas RI[1], Rosado-Aguilar JA[1], Torres-Acosta JF[1], Velázquez-Delgado PI[2].
[1] Cuerpo Académico en Salud Animal. Depto. Salud Animal y Medicina Preventiva. FMVZ. Universidad Autónoma de Yucatán. *Autor de correspondencia gublan@correo.uady.mx
[2] Estudiante Doctorado FMVZ-UADY.

14 **CONCEPTOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA EN PERROS Y GATOS**
MVZ Paulina Noriega Medina*, Dr. Rafael Morán Muñoz*, Dr. Marco Antonio Barbosa Mireles*, Dr. Javier del Ángel Caraza*, Dr. José Mauro Victoria Mora*, Dr. José Luis Jacuinde Ávila*, Ing. Bio. Ricardo Ballest*, MVZ Esp. Omar Díaz Bezares**, M. C. Cuauhtémoc Alonso Gutiérrez Espinoza**, MVZ Esp. Fernando García Macías.**
*Residente del segundo año de la especialidad en Medicina y Cirugía de Perros y Gatos, FMVZ-UAEMEX.
* Académico responsable del área de Anestesia y Analgesia Veterinaria, FMVZ-UAEMEX.
* Académico responsable del área de Cardiología, FMVZ-UAEMEX.
* Académico responsable del área de Nefrología, FMVZ-UAEMEX.
* Coordinador del Hospital Veterinario de Pequeñas Especies, FMVZ-UAEMEX.
* Médico Cirujano Partero, Director General de BIOOSMAN.
* Ing. Bio. Director General DYDETEC.
** Exresidente de la especialidad en Medicina y Cirugía de Perros y Gatos, FMVZ-UAEMEX.
** Estudiante de doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, FMVZ-UAEMEX.
** M. C. Exresidente de la especialidad en Medicina y Cirugía de Perros y Gatos, FMVZ-UAEMEX.

24 **DIMORFISMO SEXUAL MEDIANTE EL USO DE LA MORFOMETRÍA EN *Felis silvestris catus* (SCHREBER, 1775)**
*[1]Melissa Sagrero-Del Moral y [2]Julio César Castañeda-Ortega.
[1]Médico Veterinario Zootecnista; [2]Biólogo, Maestría y Doctorado en Neuroetología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Xalapa, Universidad Popular Autónoma de Veracruz, C. P. 91100 Calle Juan Escutia No. 2 Colonia Revolución, Xalapa, Veracruz, México. *Correo electrónico: melsennheizer@gmail.com

34 **CROMOSOMAS Y MUTACIONES ¿ACEPTAS EL RETO?**
MVZ Rodrigo E. Téllez
rodrigo.tellez@fcm.mx

42 **EFECTO DE LA VARIACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO DE *Danio rerio* (HAMILTON-BUCHANAN, 1822)**
Velázquez-Vázquez M. L. & Castañeda-Ortega J. C.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Xalapa, Universidad Popular Autónoma de Veracruz, C. P. 91100 Calle Juan Escutia No. 2 Colonia Revolución, Xalapa, Veracruz, México.
*Correo electrónico: asiul15396@gmail.com

ACMEVEZ
ACTUALIDADES EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA MÉXICO

Actualidades en Medicina Veterinaria y Zootecnia México Año 8, Número 27 Revista bimestral septiembre-octubre, Año 2020, es una revista editada por la Federación Canófila Mexicana, AC. Domicilio: Zapotecas 29, Colonia Tlalcoligia, México, DF. Email: info@fcm.mx Teléfono: 55 56 55 93 30. Editor Responsable: José Luis Payró Dueñas. Reservas de derechos al Uso Exclusivo No. 04- 2013-021909493400-102, ISSN: 2007-5952, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Número de Certificado de Licitud de Título Contenido 15828. Imprenta: Grupo Gráfico Editorial S.A de C.V., Calle "B", No. 8, Parque Industrial Puebla 2000, C.P. 72225, Puebla, Puebla. Fecha en que se terminó de imprimir 01 de julio de 2020. Distribución: Registro publicación periódica autorizado por SEPOMEX número PP09-01890. Esta revista es propiedad de la Federación Canófila Mexicana, AC y es editada por César Miguel Delgado Contreras (Delco Fergo Editorial S.A. de C.V.) en convenio con la Federación Canófila Mexicana, AC. desde junio del 2012.

Prohibida la reproducción parcial o total sin la autorización escrita del Editor. Todos los Derechos Reservados Copyright La Federación Canófila Mexicana, AC, Delco Fergo Editorial SA de CV y César Miguel Delgado Contreras, no se hacen responsables de la información contenida en los anuncios ni en los artículos firmados. Los textos de los artículos, información, eventos, publirreportajes y anuncios impresos en cada edición de la revista Actualidades en Medicina Veterinaria y Zootecnia México, no necesariamente reflejan el punto de vista y el criterio de sus editores por lo que son los autores los únicos responsables de los contenidos que envían a Delco Fergo Editorial SA de CV para su publicación. Los editores no asumen ninguna responsabilidad por la información o promociones en todo lo editado.

Impreso en México.

2020

COMITÉ CIENTÍFICO EDITORIAL

Director del Comité Científico Editorial

Martín Acevedo Arcique

Carlos Manuel Acevedo Arcique
Cardiología

Omar Rafael Alemán Muñoz
Inmunología Molecular

Oscar Francisco Barillas Velásquez
Dermatología

Miguel Ángel Betancourt Alonso
Infectología

Gloria Rosela Cortés Aguirre
Bienestar Animal

Luis Enrique García Ortuño
Patología Clínica

Eduardo Gutiérrez Blanco
Anestesia y manejo del dolor en perros, gatos y caballos

Mauricio Martínez Pérez
Enfermedades Infecciosas - Clínica de Pequeñas Especies

Rosario Martínez Yáñez
Acuicultura

Rafael Morán Muñoz
Anestesia y manejo del dolor

Juan Carlos Muñíz Guerra
Animales no convencionales

José Mauro Victoria Mora
Ortopedia

DIRECTORIO EDITORIAL

DIRECTOR EDITORIAL
MVZ César Miguel Delgado Contreras
cesardelgado@fcm.mx

ASISTENCIA EDITORIAL
Lic. Vanessa Escárcega García
vanessa.escarcega@fcm.mx

ARTE Y DISEÑO
Lic. María Gisela Miranda Mena
g.miranda@fcm.mx

Lic. Diana Elizabeth Lagos Palma
elizabeth.lagos@fcm.mx

REDES SOCIALES
Ma. Fernanda Gómez González
fergomez@fcm.mx

VENTA DE PUBLICIDAD
55 56 55 93 30 ext. 245
info@fcm.mx

SUSCRIPCIONES
55 56 55 93 30 ext. 241 o 245
info@fcm.mx / www.fcm.mx

www.acmevez.mx

Síguenos

acmevez

@acmevez

Te invitamos a revisar nuestra Revista Digital, la cual tiene más de 170,000 impactos por mes.

ACMEVEZ
ACTUALIDADES EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA MÉXICO

Foto: Editorial Delco Fergo / Shutterstock

LA RESISTENCIA A LOS ANTIMICROBIANOS: UN PROBLEMA QUE NOS AFECTA A TODOS

Gutiérrez-Blanco E[1], Aguilar-Caballero A[1], Bolio-González ME[1], Gutiérrez-Ruiz E[1], Ortega-Pacheco A[1], Rodríguez-Vivas RI[1], Rosado-Aguilar JA[1], Torres-Acosta JF[1], Velázquez-Delgado PI[2].

[1] Cuerpo Académico en Salud Animal. Depto. Salud Animal y Medicina Preventiva. FMVZ. Universidad Autónoma de Yucatán. *Autor de correspondencia gublan@correo.uady.mx
[2] Estudiante Doctorado FMVZ-UADY.

Antecedentes

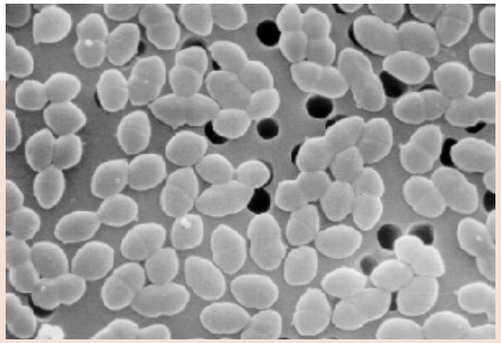
Desde su descubrimiento en 1940 (Abraham y Chain, 1940), la resistencia a los antimicrobianos (RAM), ha sido el tema de numerosas cumbres internacionales de salud y política. De manera irónica, el mismo Alexander Fleming, descubridor de la penicilina en 1928, fue el primero en vaticinar sobre la posibilidad de la generación de la resistencia bacteriana a los antimicrobianos al comentar *"-llegará un momento en que la penicilina podrá ser comprada por cualquiera en los negocios. Existe el peligro de que un hombre ignorante pueda fácilmente aplicarse una dosis insuficiente de antibiótico y, exponer a los microbios a una cantidad no letal del fármaco, que los haga resistentes–"* (Ventola, 2015).

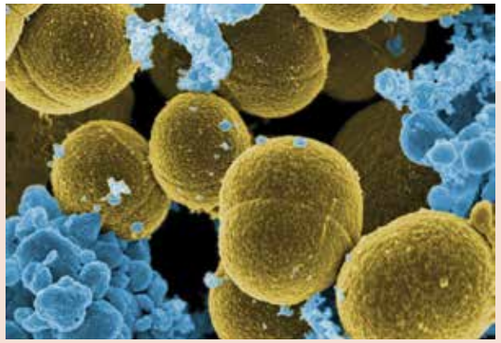
La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que si no se realizan las acciones pertinentes entre todos los países para controlar el problema de la RAM, en el año 2050 habrá más fallecimientos asociados a resistencia antimicrobiana, en comparación con fallecimientos asociados al cáncer (DOF Junio 2018).

Existen tres causas principales que dan origen a la RAM. La primera causa es el uso indiscriminado de antimicrobianos, que se ha incrementado considerablemente en las últimas décadas en algunos países. La segunda causa radica en el hecho de que los pacientes no pueden seguir correctamente las instrucciones de la terapia. La tercera causa se debe a que hay un número limitado de nuevas clases de fármacos en desarrollo para reemplazar los fármacos que se vuelven ineficaces por la RAM (Annunziato, 2019).

Por otra parte, son necesarias más investigaciones sobre las propiedades farmacocinéticas y farmacodinámicas de los antimicrobianos, que maximicen la probabilidad de éxito. Esto evitaría que los pacientes estén expuestos a concentraciones sub-terapéuticas de un fármaco debido a una dosificación inadecuada, alteraciones de la función renal y/o hepática, variación en la unión a proteínas plasmáticas y/o en el volumen de distribución (Annunziato, 2019).

Las bacterias con genes de resistencia a los antibióticos surgieron como una alternativa de sobrevivencia en respuesta a los antibióticos naturales. El uso de antimicrobianos en la práctica de la medicina moderna ha impulsado una mayor selección de los genes de la RAM (Read y Woods, 2014), al demostrarse una relación directa entre el consumo de antibióticos con la presencia y diseminación de cepas de bacterias resistentes. Esta resistencia es el resultado de la presión de selección que ejerce cada tratamiento, y que va dejando sobrevivir solamente a aquellas poblaciones bacterianas que tienen las mutaciones que les confiere esa cualidad (Exner *et al*., 2017).





La resistencia se puede dividir en dos grupos: resistencia intrínseca y resistencia adquirida. Mientras que las bacterias intrínsecamente resistentes se refieren a microorganismos que no son afectados por un compuesto antibiótico de manera natural, la resistencia adquirida se refiere a aquellas bacterias cuya población originalmente fue susceptible de manera natural a cierta dosis del antibiótico, pero que, después de la exposición constante a ese producto, la población ya no muere al ser expuesta a las dosis que afectan a las poblaciones susceptibles, y esto se debe a que desarrollan un mecanismo que les permite evitar, tolerar o evadir la acción del antibacteriano. La resistencia adquirida puede surgir a través de mutaciones casuales o mediante la adquisición de material genético externo (plásmidos) (Read y Woods, 2014; Admassie, 2018; Annunziato, 2019). Esta última, se conoce como transferencia genética horizontal (HGT) y puede ocurrir entre bacterias Gram-positivas o Gram-negativas (Read y Woods, 2014; Annunziato, 2019).

Un estudio reveló la situación crítica de la RAM en diversas poblaciones de bacterias patógenas (González y Bello, 2017). La mayor amenaza la representa el grupo denominado ESKAPE (*Enterococcus faecium, Staphylococcus aureus, Klebsiella pneumoniae, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa y Enterobacter* spp.), categorizados en los grupos 1 y 2 (Rice, 2008; Laws *et al*., 2019) (Cuadro 1). Esta amenaza reside en que estas bacterias son resistentes a muchas clases de antimicrobianos, incluidos los carbapenémicos y las cefalosporinas de tercera generación, que son considerados como los más eficaces y de último recurso para el tratamiento de bacterias resistentes a múltiples fármacos (MDR por sus siglas en inglés), (Annunziato, 2019).

A pesar de lo anterior, y de la conciencia que se ha desarrollado en el ámbito científico, político y la atención de los medios de comunicación (Exner et al., 2017), la presencia de bacterias resistentes a los antimicrobianos va en aumento (Boucher et al., 2009; Ventola, 2015). La presencia a nivel mundial de infecciones con cepas medianamente (moderadamente) resistentes a los antimicrobianos (MDR) y extremadamente resistentes a antimicrobianos (XDR por sus siglas en inglés) de la "Prioridad 1: Grupo crítico" ha llevado al resurgimiento del antibiótico de último recurso: La colistina (polimixina E) (Havenga *et al*., 2019).

PRIORIDAD	GÉNEROS Y/O FAMILIAS	SITUACIÓN
1. CRÍTICO	*Acinetobacter baumannii*	Resistencia al Carbapenem
	Pseudomonas aeruginosa	Resistencia al Carbapenem
	Enterobacteriaceae	Resistencia al Carbapenem Resistencia a Cefalosporinas de 3ª generación
2. ALTO	*Enterococcus faecium (Klebsiella pneumonia, Escherichia coli, Enterobacter spp., Serratia spp., Proteus spp., and Providencia spp, Morganella spp)*	Resistencia a vancomicina
	Staphylococcus aureus	Resistencia a Meticilina Resistente a intermedia a vancomicina
	Helicobacter pylori	Resistencia a claritromicina
	Campylobacter	Resistencia a fluoroquinolonas
	Salmonella spp	Resistencia a fluoroquinolonas
	Neisseria gonorrhoeae	Resistencia a Cefalosporinas de 3ª generación Resistencia a fluoroquinolonas
3. MEDIO	*Streptococcus pneumoniae*	No susceptible a penicilinas
	Haemophilus influenzae	Resistente a ampicillina
	Shigella spp.	Resistencia a fluoroquinolonas

Cuadro 1. Lista de patógenos prioritarios para la investigación y desarrollo de nuevos antibióticos sugeridos por la OMS (WHO, 2017).

La perspectiva desde Medicina Veterinaria

A mediados del siglo pasado, se descubrió el efecto potencialmente benéfico de la utilización de antimicrobianos como promotores del crecimiento en animales de producción. De estos antimicrobianos, el 62 % eran fármacos que se han utilizado como terapéuticos en humanos (Quiñones, 2017). Como resultado, muchos antimicrobianos fueron introducidos en el alimento a dosis sub-terapéuticas, e incluso sin la vigilancia de profesionales de la medicina veterinaria (Errecalde, 2004). Por otra parte, el uso profiláctico y/o metafiláctico de los antimicrobianos es otra práctica constante y arraigada en la producción animal. En estos esquemas se administran los antimicrobianos a dosis bajas, ya sea de manera continua o por "pulsos" (una vez cada tercer día, una vez por semana, etc.) durante tiempos muy prolongados, generando las condiciones para la RAM en las poblaciones bacterianas (Ardoino *et al*., 2018).

El fenómeno de la RAM en medicina veterinaria afecta directamente a la producción animal, al perderse animales que no reaccionan favorablemente a la terapia antimicrobiana y mueren por motivo de la enfermedad o que disminuyen su ganancia de peso (Ramírez, 2009).

Son varios elementos los que, desde el punto de vista de medicina veterinaria, pueden incidir de manera importante en la generación de la RAM en la terapéutica, entre ellos (Errecalde, 2004; Giguére, 2013):

- La ausencia de un diagnóstico confirmado o definitivo de la infección bacteriana. Esto lleva a usar antibióticos que posiblemente no afectan a los microorganismos que causan la enfermedad, mientras que el producto ejerce presión de selección sobre otras bacterias y pueden favorecer la selección de cepas con RAM.
- La dosificación insuficiente, considerando en este aspecto el desconocimiento de la dosis correcta del antimicrobiano para la especie animal, así como el intervalo adecuado entre dosificaciones y de manera relevante, el pesaje de los animales. Esto pudiera ser común para especies animales de moderada importancia económica como caprinos, camélidos sudamericanos, conejos, etc.
- La extrapolación de dosis de una especie a otra, sin considerar las diferencias farmacocinéticas y/o farmacodinámicas entre especies.
- La presión de la industria farmacéutica para la utilización de las "novedades" en la terapéutica antimicrobiana.
- La utilización de medicamentos antimicrobianos cuyos principios activos o adyuvantes, sean de baja calidad, conduciendo a problemas de biodisponibilidad que limiten la absorción y las concentraciones plasmáticas terapéuticas.
- La utilización de la vía de administración y forma farmacéutica correcta, de acuerdo al antimicrobiano y a la especie animal.
- La combinación de dos o más antimicrobianos con distintos mecanismos de acción (bactericidas y bacteriostáticos), o que compitan por el mismo sitio de acción (por ejemplo la subunidad 50S en los ribosomas bacterianos).

La vinculación: bacterias resistentes de animales a humanos

Durante décadas se ha considerado que el problema de resistencia de las bacterias a los antimicrobianos en la población humana se resuelve controlando su uso solamente en pacientes humanos. Sin embargo, cada vez se argumenta más que el uso de antimicrobianos en medicina veterinaria ha contribuido de manera importante al fenómeno de RAM (Boerlin y White, 2013).

Los productos y subproductos de origen animal que se utilizan para consumo humano pueden tener residuos de antimicrobianos que pueden directamente afectar al consumidor generando alergias, toxicidad y -por supuesto-, contribuyen a la RAM. En este último sentido, es importante señalar que la resistencia en humanos no se da únicamente por el consumo de carne, leche o huevo con residuos de antimicrobianos, sino también por el contacto o paso directo de las bacterias ya resistentes de los animales a los humanos. Esto se presentará principalmente en aquellos humanos que consumen productos crudos o mal cocidos, incluyendo la carne, leche u otro producto de origen animal. Algunos ejemplos de bacterias problema, consideradas MDR en medicina humana y que pudieron tener su origen en animales son: Escherichia coli, Salmonella typhimurium y el género Campylobacter entre otras (Errecalde 2004; Boerlin y White, 2013).

Un ejemplo claro de esta problemática puede observarse en los resultados obtenidos por Carvajal et al. (2018) donde aislaron E. coli en bolsas de fabricio de pollos de engorda, obteniendo 91 % de cepas resistentes a ampicilina y 80 % resistentes a cefalosporinas. Cepas resistentes de Campylobacter spp. pueden ser transmitidas a humanos por la manipulación de intestinos de bovinos, ovinos, porcinos y aves (Di Pillo y Sotomayor 2017).

En el caso de las especies de compañía, específicamente los perros, pueden en su momento ser también considerados como posibles fuentes de contacto de bacterias resistentes, dada su cercanía con los humanos. En un estudio realizado en Ecuador, se estudiaron heces de perro obtenidas en parques públicos (Ortega y Paredes *et al*., 2019), obteniéndose un 40 % de heces con bacterias resistentes a ceftriaxona y de estas, el 100 % mostraron multi-resistencia a más de tres antimicrobianos. En el caso de México, también se han detectado cepas de E. coli productoras de beta-lactamasas en heces de perros sanos (Rocha y Gracia *et al*., 2015), lo que demuestra la posibilidad de que el perro actúe como potencial reservorio de *E. coli* multi-resistente a los antimicrobianos.

¿Qué hacer para reducir el peligro de desarrollar la RAM?

Se han publicado una gran cantidad de informes completos, directrices y recomendaciones a nivel internacional para abordar las amenazas que plantea la RAM (Exner et al., 2017). En el 2008, la Sociedad Americana de Enfermedades Infecciosas (Infectious Diseases Society of America -IDSA-) confirmó que los Estados Unidos y el resto del mundo se encuentran en medio de una crisis emergente de RAM para los patógenos microbianos (Boucher et al., 2009).

En mayo de 2015, la Asamblea Mundial de la Salud aprobó un plan de acción mundial para el control de la RAM. Este plan de acción mundial tiene como objetivo garantizar la prevención y el tratamiento de las enfermedades infecciosas con medicamentos seguros y

eficaces. El "Plan de acción mundial sobre la RAM" tiene cinco objetivos estratégicos (Rizo *et al*., 2018):

1. Mejorar el conocimiento y la comprensión de la RAM a través de la educación.
2. Fortalecer el conocimiento a través de la vigilancia y la investigación.
3. Reducir la incidencia de infecciones a través de medidas de prevención y control de la infección.
4. Optimizar el uso de fármacos antimicrobianos en salud humana y veterinaria.
5. Garantizar una inversión sostenible en la lucha contra la resistencia a los antimicrobianos (WHO, 2020).

En el 2017, la OMS creó una lista de 12 géneros y/o familias, que fueron priorizadas para el desarrollo de antimicrobianos alternativos en las categorías crítica, alta y media (Cuadro 1) (Havenga *et al*., 2019).

Por lo tanto, se debe propiciar la generación de nuevos antibióticos para reemplazar los obsoletos y/o prolongar la vida útil de los antibióticos actuales (Annunziato, 2019). En primera instancia, el desarrollo de nuevas clases de antibióticos por parte de la industria farmacéutica, se ha estancado debido a obstáculos económicos y regulatorios. Quince de las 18 grandes compañías farmacéuticas han abandonado la investigación para la generación de nuevas moléculas. En consecuencia, no ha habido una nueva clase de antibióticos para los bacilos gramnegativos en al menos cuatro décadas. De hecho, desde 1998 sólo se han introducido dos clases de fármacos con nuevos objetivos microbianos (linezolid y daptomicina) (Bartlett et al., 2013; Ventola, 2015).

Es fundamental desarrollar antibióticos nuevos y más potentes, con diferentes estructuras y nuevos mecanismos de acción. Actualmente, se ha logrado un éxito prometedor al minimizar el impacto de la resistencia a los antibióticos mediante el uso de un "adyuvante" en combinación con un antimicrobiano, dado que ofrece un medio para limitar la presencia de RAM y rescatar la actividad de los fármacos existentes, y brinda una estrategia complementaria al descubrimiento de nuevos fármacos (Wright, 2016; Annunziato, 2019). Estos adyuvantes favorecen la biodisponibilidad del antimicrobiano, para un mejor efecto sobre las bacterias. De igual manera, otra opción incluiría prolongar la vida útil de los antimicrobianos ralentizando la evolución de la RAM, minimizando la presión de la selección de genes de resistencia. Esto significa reducir el uso de antibióticos sobre todo evitando el tratamiento de las infecciones asintomáticas y usándolos únicamente con bacterias sensibles (Read y Woods, 2014).

Otro punto a considerar, es disminuir la necesidad del tratamiento antibiótico con el empleo de vacunas, higiene y aislamiento de pacientes infectados, así como prevenir usos no médicos como los promotores del crecimiento en animales de granja. La reducción del uso de antibióticos, también limita la selección de resistencia en bacterias inofensivas que pueden donar genes a patógenos mediante transferencia genética horizontal, al igual que la selección de patógenos con antibióticos de espectro reducido (Read y Woods, 2014).

De igual forma, otra manera de ralentizar la evolución de la resistencia es evitar que, en primer lugar, los patógenos adquieran genes de resistencia. En algunos casos, esto se puede hacer con dosis altas (las bacterias muertas no pueden evolucionar) o con terapia combinada (es poco probable que se adquiera resistencia a varios medicamentos a la vez) (Read y Woods, 2014).

La comprensión de la base bioquímica y genética de la resistencia, es de suma importancia para diseñar estrategias que permitan reducir su presencia y propagación, así como diseñar enfoques terapéuticos innovadores contra organismos multi-resistentes (Munita y Arias, 2016).

Los programas de administración de antibióticos, incluida la educación, deben aplicarse a nivel mundial y dirigirse a los interesados en los entornos hospitalarios comunitarios, y combinarse con campañas de sensibilización pública. Se necesitan urgentemente inversiones duraderas en actividades educativas e instrumentos innovadores, que apoyen el uso apropiado de los antibióticos y una planificación adecuada a largo plazo (WHO, 2017).

En México se realizó en el 2018 un acuerdo donde se declara la obligatoriedad de la Estrategia Nacional de Acción contra la resistencia a los antimicrobianos (DOF 2018). En este Acuerdo, queda clara la necesidad de contener la RAM, optimizando la utilización de antimicrobianos y disminuyendo su transmisión al mejorar el control de las enfermedades infecciosas. Lo anterior involucra acciones directamente sobre salud humana, salud animal, producción de alimentos y sobre el medio ambiente, en el contexto de "una salud". Un paso de importancia fue la venta de antimicrobianos exclusivamente con receta médica en el ámbito de la salud humana, si bien, en el caso de la medicina veterinaria no se ha logrado al 100 %. Dentro de este acuerdo, se enuncia una estrategia que corresponde al desarrollo de una política nacional sobre el uso racional de antimicrobianos en la práctica veterinaria y en producción animal. Las líneas de acción incluyen el desarrollo e implementación de manuales que promuevan el uso racional de los antimicrobianos en medicina veterinaria, así como las metodologías de monitoreo y evaluación de la implementación de estos manuales de operación.

Consideraciones finales

En la RAM, pasar de los planes y proyectos en papel a la práctica representa un largo trecho. Sin embargo, es responsabilidad de cada uno de los actores involucrados en el uso de antimicrobianos, el realizar las acciones pertinentes de forma tal de que el fenómeno actual de la RAM se controle y se detenga. Para esto, es necesario que el problema se conozca en el ámbito de los médicos veterinarios en ejercicio y de las futuras generaciones. Esto es de especial importancia pues, si la situación no se controla, en poco tiempo disminuirán aún más las opciones terapéuticas para las enfermedades bacterianas tanto en medicina veterinaria, como en medicina humana.

Conclusiones

La RAM es un fenómeno real y actual, que involucra géneros y familias bacterianas que afectan tanto a humanos como a animales. El uso indiscriminado de los antimicrobianos, lapsos y fallas en su consumo y/o administración y la falta de supervisión profesional en su utilización, se consideran las principales causas de la RAM. La posibilidad de transmisión de bacterias resistentes a los antimicrobianos, de animales a humanos, indica la importancia de la vigilancia del médico Veterinario en el uso de estos fármacos. Aún no se han desarrollado antimicrobianos nuevos y más potentes que permitan terminar con el fenómeno de la RAM. En México, desde el 2018 se indica la obligatoriedad de la implementación de la Estrategia Nacional de Acción contra la resistencia a los antimicrobianos, en el contexto de "una salud", considerando tanto a la medicina humana, como a la medicina veterinaria.

Referencias

1. Abraham E.P., Chain E. (1940). An enzyme from bacteria able to destroy penicillin. Nature. 146:837. https://doi.org/ 10.1038/146837a0
2. Admassie, M. (2018). Current Review on Molecular and Phenotypic Mechanism of Bacterial Resistance to Antibiotic. Sci. J. Clin. Med, 7:13. https://doi.org/ 10.11648/j.sjcm.20180702.11
3. Annunziato G. (2019). Strategies to Overcome Antimicrobial Resistance (AMR) Making Use of Non-Essential Target Inhibitors: A Review. International Journal of Molecular Sciences, 20(23), 5844. https://doi.org/10.3390/ijms20235844
4. Ardoino, SS., Toso, R., Álvarez, H., Mariani, E., Cachau, P., Mancilla, M., & Oriani, D. (2018). Antimicrobianos como promotores de crecimiento (AGP) en alimentos balanceados para aves: uso, resistencia bacteriana, nuevas alternativas y opciones de reemplazo/ Antimicrobial as growth promoters (AGP) in poultry balanced feed: use, bacterial resistance. Ciencia Veterinaria, 19(1), 50-66.
5. Bartlett, J. G., Gilbert, D. N., & Spellberg, B. (2013). Seven ways to preserve the miracle of antibiotics. Clinical infectious diseases: an official publication of the Infectious Diseases Society of America, 56(10), 1445–1450. https://doi.org/10.1093/cid/cit070
6. Boerlin, P, White D.G (2013) Antimicrobial resistance and its epidemiology. In: Antimicrobial therapy in veterinary medicine. Gigueére S, Prescott J.F, Dowling P eds. 5th ed, John Wiley & Sons. India. Pp 21-40.
7. Boucher, H. W., Talbot, G. H., Bradley, J. S., Edwards, J. E., Gilbert, D., Rice, L. B., Scheld, M., Spellberg, B., & Bartlett, J. (2009). Bad bugs, no drugs: no ESKAPE! An update from the Infectious Diseases Society of America. Clinical infectious diseases: an official publication of the Infectious Diseases Society of America, 48(1), 1–12. https://doi.org/10.1086/595011
8. Carvajal E.B., Hernández, W.A., Torres, M.C., López, D.V., Rueda, E.G., Vásquez, M.R. (2019). Resistencia antimicrobiana de cepas de Escherichia coli aisladas de contenidos de bursa de Fabricio de aves de engorde. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 30:1. http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i1.14648
9. Centers for Disease Control and Prevention, Office of Infectious Disease Antibiotic resistance threats in the United States, (2019). Available at: https://www.cdc.gov/drugresistance/pdf/threats-report/2019-ar-threats-report-508.pdf.
10. DOF. Diario Oficial de la Federación: ACUERDO por el que se declara la obligatoriedad de la Estrategia Nacional de Acción contra la Resistencia a los antimicrobianos. DOF:05/06/2018.

11. Di Pillo, S., Sotomayor G (2017). Campylobacter spp en carnes de aves de corral. Chile. Perfil de riesgo No. 1/2017/ACHIPIA, Versión 01. https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2018/05/Perfil-de-Riesgo-Campylobacter-spp-en-carnes-de-aves-de-corral-v1-2017.pdf
12. Errecalde, J.O (2004). Uso de antimicrobianos en animales de consumo. Incidencia del desarrollo de resistencias en salud pública. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 2004. Disponible en: http://www.fao.org/publications
13. Exner, M., Bhattacharya, S., Christiansen, B., Gebel, J., Goroncy-Bermes, P., Hartemann, P., Heeg, P., Ilschner, C., Kramer, A., Larson, E., Merkens, W., Mielke, M., Oltmanns, P., Ross, B., Rotter, M., Schmithausen, R. M., Sonntag, H. G., & Trautmann, M. (2017). Antibiotic resistance: What is so special about multidrug-resistant Gram-negative bacteria?. GMS hygiene and infection control, 12, Doc05. https://doi.org/10.3205/dgkh000290
14. Giguére S (2013). Principles of antimicrobial drug selection and use. In: Antimicrobial therapy in veterinary medicine. Gigueére S, Prescott J.F, Dowling P eds. 5th ed, John Wiley & Sons. India. Pp 105-116.
15. González-Bello, C. (2017). Antibiotic adjuvants - A strategy to unlock bacterial resistance to antibiotics. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 27(18), 4221–4228. https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2017.08.027
16. Havenga, B., Ndlovu, T., Clements, T., Reyneke, B., Waso, M., & Khan, W. (2019). Exploring the antimicrobial resistance profiles of WHO critical priority list bacterial strains. BMC Microbiology, 19(1), 303. https://doi.org/10.1186/s12866-019-1687-0
17. Laws, M., Shaaban, A., & Rahman, K. M. (2019). Antibiotic resistance breakers: current approaches and future directions. FEMS Microbiology Reviews, 43(5), 490–516. https://doi.org/10.1093/femsre/fuz014
18. Munita, J. M., & Arias, C. A. (2016). Mechanisms of Antibiotic Resistance. Microbiology spectrum, 4(2), 10.1128/microbiolspec.VMBF-0016-2015. https://doi.org/10.1128/microbiolspec.VMBF-0016-2015
19. NATURE 2013.
20. Ortega-Paredes D, Haro M, Leoro-Garzón P, Barba P, Loaiza K, Mora F, Fors M, Vinueza-Burgos C, Fernández-Moreira E. (2019). Multidrug-resistant Escherichia coli isolated from canine faeces in apublic park in Quito, Ecuador. Journal of Global Antimicrobial Resistance 18: 263-268.
21. Quiñones, P. D. (2017). Resistencia antimicrobiana: evolución y perspectivas actuales ante el enfoque "una salud". Revista Cubana de Medicina Tropical, 69(3), 1-17.
22. Ramírez V. N. (2009). Por un uso racional de los medicamentos veterinarios. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 22(4), 589-590.
23. Read, A. F., & Woods, R. J. (2014). Antibiotic resistance management. Evolution, Medicine, and Public Health, 2014(1), 147. https://doi.org/10.1093/emph/eou024
24. Rice L. B. (2008). Federal funding for the study of antimicrobial resistance in nosocomial pathogens: no ESKAPE. The Journal of Infectious Diseases, 197(8), 1079–1081. https://doi.org/10.1086/533452
25. Rizo A.J.N, Fernández C. S. B, Lezana F. M.A (2018) Resistencia antimicrobiana. Boletín CONEMED. 4: 3-8.
26. Rocha-Gracia R.C, Cortés-Cortés G, Lozano-Zarain P, Bello F, Martínez-Laguna Y, Torres C. (2015). Faecal Escherichia coli isolates from healthy dogs harbour CTX-M-15 and CMY-2 ß-lactamases. The Veterinary Journal. 203:3. Pp 315-319.
27. The antibiotic alarm. (2013). Nature, 495(7440), 141. https://doi.org/10.1038/495141a
28. Ventola C. L. (2015). The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. P & T: a peer-reviewed journal for formulary management, 40(4), 277–283.
29. World Health Organization. Global priority list of antibiotic-resistant bacteria to guide research, discovery, and development of new antibiotics. 2017. http://www.who.int/medicines/publications/WHO-PPL-Short_Summary_25Feb-ET_NM_WHO.pdf
30. Wright G. D. (2016). Antibiotic Adjuvants: Rescuing Antibiotics from Resistance. Trends in Microbiology, 24(11), 862–871. https://doi.org/10.1016/j.tim.2016.06.009

Foto: Editorial Delco Fergo / Shutterstock

CONCEPTOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA EN PERROS Y GATOS

MVZ Paulina Noriega Medina*, Dr. Rafael Morán Muñoz*,
Dr. Marco Antonio Barbosa Mireles*, Dr. Javier del Ángel Caraza*,
Dr. José Mauro Victoria Mora*, Dr. José Luis Jacuinde Ávila*,
Ing. Bio. Ricardo Ballest*, MVZ Esp. Omar Díaz Bezares**,
M. C. Cuauhtémoc Alonso Gutiérrez Espinoza**,
MVZ Esp. Fernando García Macías.**

*Residente del segundo año de la especialidad en Medicina y Cirugía de Perros y Gatos, FMVZ-UAEMEX.
* Académico responsable del área de Anestesia y Analgesia Veterinaria, FMVZ-UAEMEX.
* Académico responsable del área de Cardiología, FMVZ-UAEMEX.
* Académico responsable del área de Nefrología, FMVZ-UAEMEX.
* Coordinador del Hospital Veterinario de Pequeñas Especies, FMVZ-UAEMEX.
* Médico Cirujano Partero, Director General de BIOOSMAN.
* Ing. Bio. Director General DYDETEC.
** Exresidente de la especialidad en Medicina y Cirugía de Perros y Gatos, FMVZ-UAEMEX.
** Estudiante de doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, FMVZ-UAEMEX.
** M. C. Exresidente de la especialidad en Medicina y Cirugía de Perros y Gatos, FMVZ-UAEMEX.

Resumen

En anestesia se utilizan muchos tipos de fármacos, como: sedantes, opiáceos, anestésicos inyectables e inhalatorios; capaces de generar depresión respiratoria con aumento CO2 y disminución de oxígeno (O2), razón por la cual en la mayoría de los casos los pacientes requieren ser intubados y ventilados por medio de un ambú, o a través de un ventilador mecánico. Pueden presentarse múltiples patologías respiratorias que requieren de un soporte de ventilación mucho más avanzado, en los cuales el ventilador de una estación de anestesia ya no es el más adecuado después de algún tiempo. La ventilación con presión positiva intermitente *(VPP)* mediante el uso de ventiladores mecánicos, ha sido un pilar de la terapia en aquellas personas con insuficiencia respiratoria, sobre todo desde la epidemia de poliomielitis en la década de 1940. Dos indicaciones principales para la utilización de la VPP incluyen *hipoxemia refractaria, terapia convencional y falla ventilatoria*. Además, los pacientes con *sepsis grave, shock séptico y aquellos con fatiga de los músculos respiratorios, pueden beneficiarse de la ventilación mecánica. Un ventilador de la unidad de cuidados intensivos (UCI) se diferencia de un ventilador de anestesia, por su capacidad para variar la concentración de oxígeno inspirado* y para humidificar el aire inspirado, esto es fundamental, porque muchas de las ocasiones no se tiene bien definido al momento de utilizar un ventilador (Fotos 1 y 2). Por lo tanto, los pacientes pueden mantenerse con un ventilador de UCI durante tantos días como sea necesario, tal como lo estamos viviendo hoy en día en los pacientes que cursan con patología de Covid-19. *A continuación haremos una breve descripción de las indicaciones en el uso de ventilación mecánica, así como las diferentes patologías en las que se podría utilizar y los diferentes modos ventilatorios utilizados.*

Foto. 1 Ventilador de alta frecuencia marca Gätsi.

Foto. 2 Estación de anestesia con ventilación mecánica.

Dentro de las indicaciones para utilización de un ventilador mecánico encontramos:

1. Hipoxemia grave, a pesar de la oxigenoterapia (PaO_2 <60 mm Hg).
2. Hipoventilación grave (PCO2> 60 mm Hg).
3. Trabajo respiratorio excesivo.
4. Choque circulatorio severo.

1. Hipoxemia grave

Se define comúnmente como una PaO2 de menos de 80 mm Hg «al nivel del mar» y también se conoce como Insuficiencia Respiratoria Hipoxémica 1. La necesidad de ventilación mecánica en el paciente hipoxémico, dependerá del mecanismo subyacente de la hipoxemia y de la respuesta del paciente a la oxigenoterapia. Entre otras consideraciones, si la muestra es tomada a una altitud significativa, la hipoxemia será menor. La oximetría de pulso es atractiva debido a que no es invasiva, sin embargo, es propensa a errores, ya que puede verse modificada por muchas causas. Una lectura del oxímetro de pulso del 95 % es equivalente a una PaO_2 de 80 mm Hg, mientras que una del 90 % es aproximadamente 60 mm Hg (indica hipoxemia severa, (1, 9). La ventilación mecánica es una consideración para pacientes con hipoxemia severa.

2. Hipoventilación

Se caracteriza por hipercapnia (pCO_2 > 50 mm Hg). La hipoventilación se define como una pCO_2 mayor de 50 mm Hg, mientras que la hipoventilación grave es una pCO2 mayor de 60 mm Hg (ejemplo: insuficiencia respiratoria hipercápnica), (4). Una hipoventilación grave que no puede resolverse fácilmente con el tratamiento de la enfermedad primaria (por ejemplo, antagonizando un sedante) puede ser una indicación de VPP. (10).

3. Trabajo respiratorio excesivo

En pacientes con dificultad respiratoria grave debido a una enfermedad pulmonar, se espera tengan un aumento de la frecuencia respiratoria, con hipoxemia e hipocapnia (pCO_2 < 35 mm Hg). La presencia de pCO_2 normal o elevada en el paciente con dificultad respiratoria, puede ser un signo siniestro que sugiere fatiga de los músculos respiratorios y se puede respaldar con ello, la decisión de iniciar la VPP.

4. Choque circulatorio severo

Los signos clínicos de choque circulatorio severo incluyen taquicardia o bradicardia, palidez de las membranas mucosas, taquipnea, pulso débil y extremidades frías. El choque circulatorio puede deberse a hipovolemia, cardiopatía y pérdida del tono vasomotor. En pacientes con shock circulatorio grave que persiste a pesar de los esfuerzos iniciales de reanimación, puede estar indicada la VPP. El objetivo principal de la VPP en estos pacientes es reducir el consumo de oxígeno.

Sincronización del paciente con el ventilador

Para una correcta ventilación es esencial la sincronización del paciente con el ventilador, de lo contrario el trabajo o esfuerzo respiratorio aumentará, podemos encontrar dos formas de adaptación al ventilador. Profundidad del plano anestésico hasta inhibir la actividad del centro respiratorio, esta técnica implica riesgos de depresión cardiovascular en pacientes críticos y con riesgo anestésico importante. La segunda es la utilización de relajantes neuromusculares, estos bloquean la placa motora, de forma que se paralizan los músculos respiratorios y el ventilador asume la totalidad del trabajo. Sin embargo, muchas de las ocasiones dependiendo cuál haya sido el relajante muscular que se utilizó y el tiempo del procedimiento, se debe considerar el efecto residual del mismo, de ahí la importancia de la monitorización de la relajación neuromuscular. (Foto 3).

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS MODOS VENTILATORIOS

Los ventiladores mecánicos están diseñados para suministrar un cierto volumen inspiratorio, generando un flujo que puede ser controlado de cuatro formas, en función de las características técnicas de cada equipo y de las necesidades de cada paciente. El objetivo del anestesiólogo o del intensivista -quien tiene un paciente en ventilación mecánica-, es conseguir una ventilación y oxigenación adecuadas, sin producir un daño sobre los pulmones de los pacientes.

Foto 3. Monitorización de relajación neuromuscular durante un procedimiento quirúrgico y postquirúrgico.

Control por presión

En este modo el ventilador manda un flujo o una presión constante durante un tiempo determinado. Ambos parámetros, presión y tiempo inspiratorio, son prefijados por el anestesiólogo, pero el volumen inspiratorio real es una variable que depende sobre todo de la compliancia pulmonar. Así, pulmones con gran compliancia recibirán volúmenes más altos y viceversa. (Foto 4).

Foto 4. Paciente ventilado por modo presión, autorización, HVPE-UAEMEX.

Controladas por volumen

El equipo proporciona un volumen inspiratorio fijado previamente. La presión alveolar final y el tiempo necesarios para eyectar el volumen inspiratorio completos, depende también de la compliancia pulmonar, es la forma de iniciar la ventilación en la mayoría de los pacientes. Tiene ventajas como prevenir el barotrauma, pero también inconvenientes, como de producir barotrauma en pulmones de baja compliancia. (Foto 5).

Foto 5. Paciente ventilado por modo volumen, autorización, HVPE-UAEMEX.

Controlada por tiempo

Conocidas también «cicladas por tiempo», este tipo de ventiladores se utilizan más en anestesia, el operador regula el tiempo inspiratorio y el flujo, lo que determina el volumen tidal (VT). La presión es una variable no controlada directamente. Sistema poco utilizado en la UCI.

Controlados por volumen, regulados por presión

También denominados de «Autoflow», son la manera más moderna de controlar el flujo y la presión, el ventilador permite controlar el volumen inspiratorio que es prefijado por el anestesiólogo, la presión del trabajo es automáticamente calculada por el ventilador en las 2-3 inspiraciones, de modo que adapta el VT prefijado, a la presión pico más baja posible para la compliancia dinámica de ese paciente. En teoría es la mejor forma para un VT correcto a baja presión.

Ventilación asistida

El paciente determina la frecuencia respiratoria y el tiempo inspiratorio, mientras que el ventilador le administra el VT deseado, existen variaciones del modo asistido, el cual está indicado para preservar cierta capacidad del trabajo respiratorio en el paciente, lo que le facilitará el destete del ventilador.

Soporte presión

Es un modo asistido donde el animal determina frecuencia y tiempo inspiratorio y el ventilador le suministra presión inspiratoria prefijada por el anestesiólogo durante ese tiempo.

Ventilación sincronizada intermitente (SIMV)

El ventilador se programa para administrar con cierta frecuencia un flujo controlado por presión o por volumen, permitiendo al animal respirar libremente entre las respiraciones automáticas y facilitando su sincronización.

Ventilación a presión positiva continua en vías aéreas (CPAP)

En este modo el paciente puede respirar libremente entre dos presiones (nivel basal y pico) determinadas por el anestesiólogo. El modo de presión soporte sincronizado intermitente «CPAP» es útil para el manejo del destete de los pacientes, porque permite que el anestesiólogo traslade de modo progresivo a los animales, una cantidad de carga respiratoria cada vez mayor, valorando en cada momento si la función respiratoria se mantiene o se deteriora.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS AJUSTES DEL VENTILADOR

Los parámetros que el operador puede ajustar en un ventilador variarán entre máquinas. En los ventiladores de UCI avanzados suele haber más opciones para ajustar los parámetros respiratorios, en comparación con los equipos de tipo anestesia más simple. Es importante señalar que no existe coherencia en la terminología para la configuración del ventilador entre empresas, por lo tanto, puede ser necesario leer las instrucciones del fabricante para comprender completamente cómo funcionan los ajustes en una máquina individual.

Variable de activación

Este es el parámetro que inicia la respiración del ventilador. En pacientes que no estén realizando ningún esfuerzo respiratorio, la variable desencadenante será el tiempo (que se determina a partir de la frecuencia respiratoria configurada). El ajuste de activación del paciente suele ser un cambio en la presión de las vías respiratorias o un cambio en el flujo del circuito. La sensibilidad de activación adecuada, es una medida de seguridad esencial para garantizar que las respiraciones del ventilador estén sincronizadas

con los esfuerzos respiratorios genuinos realizados por el paciente. (5, 7). Esto aumenta la comodidad del paciente y permite que él aumente sus respiraciones según sea necesario. La variable desencadenante puede ser demasiado sensible, de modo que los esfuerzos no respiratorios, como el manejo del paciente, pueden iniciar la respiración; esto también debe evitarse.

Frecuencia respiratoria e inspiración: índice de espiración

La frecuencia respiratoria se puede configurar en todos los ventiladores directamente o mediante la manipulación de variables como el volumen minuto, el tiempo inspiratorio o el tiempo de exhalación. La frecuencia respiratoria ideal para un paciente, generalmente debe ajustarse según la comodidad del mismo y la pCO_2. Las frecuencias respiratorias se establecen comúnmente en el rango de 10 a 20 respiraciones por minuto, inicialmente. La relación entre la duración de la inspiración y la espiración (denominada relación I:E) puede ser preestablecida por el operador o ser una configuración predeterminada dentro de la máquina, (3). Por lo general, se usa una relación I:E de 1:2 para garantizar que el paciente haya exhalado completamente, antes del inicio de la siguiente respiración, (1). Esto es similar a una respiración fisiológica normal, donde la espiración dura aproximadamente el doble de la inspiración. A medida que aumentan las frecuencias respiratorias, el tiempo espiratorio deberá reducirse en consecuencia. Se recomienda evitar que la relación I:E aumente más de 1:1 para evitar una situación conocida como acumulación de respiración o PEEP intrínseca. (5,7).

Tiempo inspiratorio

Generalmente se establece en un segundo, pero los tiempos inspiratorios más cortos son adecuados para pacientes con frecuencias respiratorias altas. (2). Muchos pacientes pequeños parecen tolerar bien los tiempos inspiratorios más cortos.

Volumen tidal (VT) o volumen corriente (VC)

El VT o VC normal reportado en perros y gatos está en el rango de 10 a 15 ml / kg. El volumen tidal más bajo (6–8 mL / kg) puede ser el objetivo en animales con enfermedad pulmonar severa. (5,7). Cuando se usa la ventilación con control de volumen, el anestesiólogo fija el VT deseado. La distensión excesiva del pulmón es extremadamente peligrosa, ya que es un mecanismo importante de lesión pulmonar inducida por el ventilador y puede tener consecuencias graves. Se recomienda comenzar con no más de 10 ml / kg como VT preestablecido. El VT siempre se puede aumentar si se determina que es insuficiente, una vez que el paciente está conectado a la máquina. Si se utiliza ventilación con control de presión, el anestesiólogo ajusta la presión utilizada para generar la inspiración.

Presión positiva al final de la espiración (PEEP)

La enfermedad del parénquima pulmonar puede producir áreas de alvéolos mal ventilados, por ejemplo: alvéolos más pequeños de lo normal y colapso alveolar; esta es la causa principal de la ineficaz capacidad de oxigenación del pulmón enfermo. PEEP mantendrá la presión en las vías respiratorias durante la exhalación (foto 6), esto evita que ocurra la exhalación completa, manteniendo el pulmón en un estado semidistendido, lo que puede ayudar a abrir los alvéolos previamente colapsados, para mejorar la capacidad de oxigenación del pulmón y potencialmente proteger contra algunas formas de lesión pulmonar asociada al ventilador. (2, 7). Como la enfermedad pulmonar tiende a ser heterogénea, existen riesgos cuando se utiliza PEEP, pueden reclutar áreas de pulmón enfermo, también causar sobredistensión o volutrauma de regiones pulmonares más sanas. En general, es probable que la PEEP sea beneficiosa en pacientes con edema pulmonar cardiogénico, no cardiogénico y lesión pulmonar aguda (LPA) o SDRA.

Foto 6. PEEP mantendrá la presión en las vías respiratorias durante la exhalación.

Presión máxima inspirada en las vías respiratorias

La función pulmonar normal generalmente sólo requiere PIP bajos en el rango de 8 a 15 cm H2O, idealmente sin exceder los 20 cm H2O. Los pacientes con enfermedad pulmonar a menudo tienen pulmones rígidos y en consecuencia, necesitarán presiones más altas en las vías respiratorias para lograr el mismo VT. Es posible que se requieran presiones máximas en las vías respiratorias de hasta 30 cm H2O en animales con enfermedad pulmonar muy grave. (6, 9). La presión alta en las vías respiratorias puede causar lesiones pulmonares (barotrauma) y debe evitarse siempre que sea posible.

SELECCIÓN DE AJUSTES INICIALES

No hay forma de predecir con precisión la configuración ideal del ventilador para un paciente específico. La elección de la configuración inicial se basa en la comprensión del proceso patológico por el que está pasando el paciente (Tablas 1 y 2). Al colocar inicialmente a un paciente en el ventilador, el uso de oxígeno al 100 % debe utilizarse como medida de seguridad y reducirse una vez que se determinan los ajustes del ventilador y se estabiliza al paciente.

Tab.1 Configuración inicial de un ventilador en un paciente con función pulmonar normal.

Parámetro del ventilador	Valores
Fracción inspirada de oxígeno	100 %
Volumen tidal	8–15 mL/kg
Frecuencia respiratoria	10–20 rpm
PEEP	8–12 cm H2O
Tiempo inspiratorio	-1 seg
Tiempo I:E	1:2

Tab.2 Configuración inicial de un ventilador en un paciente con función pulmonar anormal.

Parámetro del ventilador	Valores
Fracción inspirada de oxígeno	100 %
Volumen tidal	6–8 mL/kg
Frecuencia respiratoria	20–30 rpm
PEEP	4–8 cm H2O
Tiempo inspiratorio	-1 seg
Tiempo I:E	1:2

Una vez que el paciente se encuentra anestesiado se conecta directamente al ventilador, en todo momento este debe estar monitorizado y se debe incluir: ECG continuo, oximetría de pulso continua (SpO_2), presión arterial directa continua (PANI), análisis de gases en sangre intermitente (a través de un catéter arterial) y mediciones de (ETCO2). El cuidado de enfermería debe incluir asepsia del catéter, enjuague antibacteriano oral, succión del tubo traqueal, rango de movimiento pasivo de todas las extremidades, cuidado ocular y cambio intermitente de la posición corporal. La mayoría de los pacientes con ventilador necesitan personal calificado para su manejo.

CONCLUSIÓN

Como hemos podido ver, la importancia que tiene la ventilación mecánica incluye problemas que involucran hipoxemia, hipercapnia, hipotensión, etc. La ventilación mecánica puede ser una herramienta para salvar la vida de perros y gatos que experimentan insuficiencia respiratoria y aquellos que desarrollan insuficiencia ventilatoria. Sin embargo, el médico Veterinario debe estar capacitado para utilizar un ventilador mecánico de manera adecuada, en función de las necesidades de cada paciente y así evitar accidentes.

Foto: @robertosotelo / unsplash

BIBLIOGRAFÍA

1. Hess DR, Kacmarek RM. Essentials of mechanical ventilation. 2nd edition. New York: McGraw-Hill; 2002.
2. Hopper K, Haskins SC, Kass PH, *et al*. Indications, management and outcome of long-term positive-pressure ventilation in dogs and cats: 148 cases (1990–2001). J Am Vet Med Assoc 2007; 230:64–75.
3. King LG, Hendricks JC. Use of positive-pressure ventilation in dogs and cats: 41 cases (1990-1992). J Am Vet Med Assoc 1994; 204:1045–52.
4. Laghi F, Tobin MJ. Indications. In: Tobin MJ, editor. Indications for mechanical ventilation. 2nd edition. New York: McGraw-Hill; 2006. p. 129–62.
5. MacIntyre NR. Alveolar-capillary gas transport. In: MacIntyre NR, Branson RD, editors. Mechanical ventilation. 2th edition. St Louis (MO): Saunders; 2009. p. 171–81.
6. MacIntyre NR. Mechanical ventilation. In: Vincent JL, Abraham E, Moore FA, et al, editors. Textbook of Critical Care. 6th edition. Philadelphia: Elsevier-Saunders; 2011. p. 328–34.
7. Pilbeam SP. Final considerations in ventilator set up. In: Pilbeam SP, Cairo JM, editors. Mechanical ventilation physiological and clinical applications. St Louis (MO): Mosby; 2006. p. 127–49.
8. Pilbeam SP. Initial ventilator settings. In: Pilbeam SP, Cairo JM, editors. Mechanical ventilation physiological and clinical applications. St Louis (MO): Mosby; 2006. p. 105–26.
9. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med 2000; 342:1301–8.
10. West JB. Respiratory physiology: the essentials. 8th edition. Baltimore (MD): Lippincott Williams & Wilkins; 2008.

Foto: Алексей Боярских en Pixabay

DIMORFISMO SEXUAL MEDIANTE EL USO DE LA MORFOMETRÍA EN *Felis silvestris catus* (SCHREBER, 1775)

*[1]Melissa Sagrero-Del Moral y [2]Julio César Castañeda-Ortega.

[1]Médico Veterinario Zootecnista; [2]Biólogo, Maestría y Doctorado en Neuroetología.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Xalapa, Universidad Popular Autónoma de Veracruz, C. P. 91100 Calle Juan Escutia No. 2 Colonia Revolución, Xalapa, Veracruz, México.
*Correo electrónico: melsennheizer@gmail.com

Resumen

Con el objetivo de determinar si existen diferencias en la condición corporal entre hembras y machos, de mayo a octubre de 2019 fueron evaluados en su Condición Corporal 107 gatos adultos (66 hembras y 41 machos) se realizaron mediciones morfométricas. De las variables: circunferencia de la cabeza, circunferencia torácica, longitud del miembro torácico izquierdo, circunferencia del miembro anterior izquierdo, longitud del miembro posterior izquierdo, circunferencia del miembro posterior izquierdo y la longitud corporal, se encontró que los machos fueron significativamente mayores en las variables peso ($p = 0.001$), circunferencia de la cabeza ($p = 0.001$), circunferencia torácica ($p = 0.003$), circunferencia de miembro torácico ($p = 0.001$), circunferencia de miembro pélvico ($p = 0.001$) y longitud corporal ($p = 0.001$), no así en la longitud de miembro torácico izquierdo ($p = 0.435$), ni en la longitud de miembro pélvico izquierdo ($p = 0.165$), por lo que se concluye que los machos son significativamente más grandes que las hembras.

Palabras clave
Condición corporal, dimorfismo sexual, gato doméstico, morfometría.

Introducción

El dimorfismo sexual de tamaño es un fenómeno poco comprendido respecto a sus causas citogenéticas y evolutivas (Krebs & Davies, 1993). El dimorfismo sexual puede manifestarse de diferentes maneras, mismas que han sido incluidas en cinco categorías principales: dimorfismo de tamaño, de forma corporal, de forma y tamaño de los apéndices, de características tegumentarias y de coloración e incluso las diferencias sexuales de comportamiento (Fairbairn, 1997). De todas estas categorías, el dimorfismo sexual de tamaño ha sido objeto de diversos estudios científicos que han intentado revelar sus causas próximas y últimas, aunque en muchos aspectos el problema se mantiene como un enigma biológico (Fairbairn, 2007; Rensch, 1950).

En los mamíferos y aves, los machos suelen ser físicamente mayores que las hembras, aunque un buen número de excepciones sucede en ambas clases (Lindenfors et al., 2007). A partir de la publicación de *"The Descent of Man and Selection in Relation to Sex"* por Darwin (1871), el dimorfismo sexual ha sido considerado esencialmente como producto de la acción de la selección sexual en el sentido darwiniano de competición intrasexual por el acceso a la pareja en uno de los sexos, y la elección o preferencia por parte del otro (Dale et al., 2007; Isaac 2005; Andersson, 1994), sin embargo, la selección natural clásica también puede explicar el dimorfismo sexual de tamaño si favoreciese diferentes tamaños corporales para adecuar los sexos a diferentes papeles ecológicos o de utilización de nicho, o si la competencia alimentaria ocurre entre machos y hembras (Isaac, 2005; Mysterud, 2000). Es importante destacar que la divergencia de nicho o segregación sexual entre hembras y machos probablemente no sea independiente de la diferenciación que ambos sexos experimentan en sus papeles reproductivos y en muchos casos, es muy difícil separar los efectos de uno u otro tipo de selección (Fairbairn, 2007; Hedrick & Temeles, 1989).

Según Rensch, (1960) la variación del tamaño del cuerpo entre especies relacionadas, a menudo sigue patrones evolutivos que son notablemente consistentes en los taxones, la regla de Rensch (1950) propone que la cantidad de dimorfismo sexual de tamaño tiende a aumentar con el incremento del tamaño de los machos y decrece si las hembras son mayores (Bidau & Martí, 2008; Fairbairn, 2007; Abouheif & Fairbairn, 1997). Esta tendencia evolutiva se presenta en los grandes felinos, existiendo una fuerte covariación de la talla entre sexos marcando un fuerte dimorfismo entre estos (Lindenfors et al., 2007), siendo los machos más grandes que las hembras (Martínez et al., 2014) por ende y debido a su cercanía filogenética, se plantea la duda si los gatos domésticos presentarán este dimorfismo sexual en la talla.

La morfometría tiene características relacionadas con la naturaleza de los datos primarios y así como la capacidad de aplicarse a estudios multivariados, lo que la hace una herramienta muy útil en el análisis de las variaciones de la forma, además gracias a sus continuos avances, es altamente utilizada en los estudios de las ciencias morfológicas, por lo que su conocimiento no sólo es importante para introducir una nueva técnica de análisis (Zavando et al., 2009). Mediante esta herramienta podemos conocer las variaciones morfológicas de los organismos y cómo afecta a sus poblaciones, lo que nos permite contrastar las estructuras que presentan estas divergencias, en el orden que sean medibles y o cuantificables, identificando los caracteres asociados con diferentes aspectos generales de los individuos, especies o poblaciones, como hábitos, uso de hábitat, fisiología e incluso comportamiento reproductivo (Pérez & Alegría, 2009), por lo cual debe ser parte del conocimiento general fundamental en la formación y actualización de un profesional del estudio de la fauna. El objetivo de este trabajo fue determinar si existen diferencias morfométricas relevantes entre hembras y machos en una muestra de gatos de la ciudad de Xalapa, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación del Tamaño Óptimo de Muestra

Para conocer el número de organismos que era necesario medir para que nuestro trabajo fuera lo suficientemente robusto en términos estadísticos, se efectuó la medición de cuatro ejemplares adultos. Una vez calculado el valor de la varianza obtenida se calculó el tamaño óptimo de muestra para una confianza del 95 %, obteniendo así el resultado n = 60 gatos (Zar, 2010). Sin embargo, durante nuestra investigación se cuantificaron los datos de 107 gatos domésticos. La fórmula para calcular el tamaño óptimo de muestra fue la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Donde *n* es tamaño óptimo de muestra, *Z* es el valor para una confianza del 95 %, *S2* es la varianza estimada de la población conocida o estimada a partir de anteriores estudios o de una prueba piloto y *E* es el error de estimación para el valor parámetro (Tomado de Zar, 2010).

MEDICIONES MORFOMÉTRICAS

Durante el período que abarcan los meses de mayo a octubre de 2019 se realizaron visitas a distintos albergues de gatos, además de las campañas de esterilización del municipio de Xalapa a cargo del MVZ Pablo Melo Flores, para realizar las mediciones morfométricas. Las variables morfométricas (Figura 1) tomadas fueron: peso, circunferencia de la cabeza, circunferencia torácica, longitud del miembro torácico izquierdo, circunferencia del miembro torácico izquierdo, longitud del miembro pélvico izquierdo, circunferencia del miembro pélvico izquierdo y la longitud corporal. Para medir y pesar a los animales se utilizó una cinta métrica graduada en centímetros marca Costur y una balanza electrónica modelo TY-2003B marca Toye.

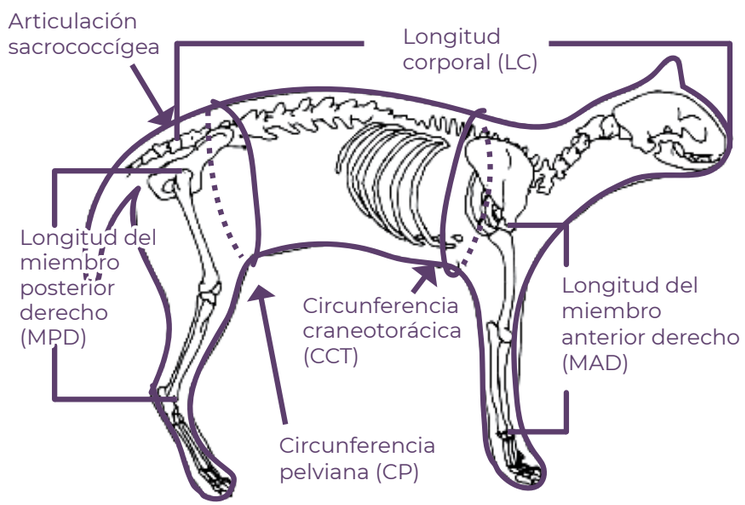


Figura 1. Distribución de medidas morfométricas (Tomado de: Thatcher, et al., 2000).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la comparación estadística de los datos morfométricos obtenidos entre machos y hembras, se utilizó la prueba no paramétrica U Mann Whitney (Martínez, 2013). Los análisis estadísticos se realizaron con el software Sigmastat 4.0 Advisory Statistics for Scientist desarrollado por Jandel Scientific Software.

RESULTADO

Se midieron 107 gatos adultos de los cuales 66 fueron hembras y 41 fueron machos, los resultados de las mediciones morfométricas y las comparaciones entre hembras y machos fueron los siguientes.

Peso: los machos promediaron 3.5 kg (DS = ± 0.98 kg) y las hembras pesaron en promedio 3.1 kg (DS = ± 0.84 kg) encontrándose diferencias significativas (U= 857; n1= 66; n2: 42; p: 0.001).

Circunferencia de la cabeza: los machos fueron más grandes que las hembras, en promedio los primeros midieron 24.1 cm (DS = ± 2.1 cm) y las hembras 22.1 cm (DS = ± 1.7 cm) encontrándose diferencias significativas (U: 619; n1= 44; n2: 66; p: 0.001).

Circunferencia torácica: el promedio de los machos fue de 35.7 cm (DS = ± 5.1 cm) y por 32.7 cm (DS = ± 4.9 cm) de las hembras, encontrándose diferencias significativas (U = 890; n1= 41; n2: 66; p: 0.003).

Longitud del miembro torácico izquierdo: al medir la longitud del miembro torácico, el de los machos fue más grande 22.1 cm en promedio (DS = ± 2.6 cm) por 21.3 cm de las hembras (DS = ± 2.3 cm), no obstante, no existieron diferencias significativas (U: 1037.5 n1= 41; n2: 66; p: 0.435).

Circunferencia del miembro torácico Izquierdo: en los machos en promedio fue de 8.3 cm (DS = ± 1.0 cm) por 7.4 cm (DS = ± 0.9 cm) de las hembras, arrojando diferencias significativas (U= 602.5 n1= 41; n2: 66; p: 0.001).

Longitud del miembro pélvico izquierdo: al comparar la longitud del miembro pélvico los machos en promedio midieron 22 cm (DS = ± 2.7 cm) y las hembras 21.3 cm (DS = ± 3.1 cm) sin existir diferencias significativas (U: 1136 n1= 41; n2: 66; p: 0.165).

Circunferencia del miembro pélvico izquierdo: la comparación de la circunferencia de miembro pélvico mostró que los machos midieron en promedio 7.5 cm (DS = ± 1.0 cm)

por 7.0 cm de las hembras (DS = ± 1.1 cm) encontrando divergencias significativas (U= 851.0 n1= 41; n2: 66; p: 0.001).

Longitud corporal: al analizar la longitud corporal en promedio, los machos midieron 56 cm (DS = ± 4.1 cm) y las hembras 52 cm (DS =± 4.2 cm) encontrándose diferencias significativas (U= 755 n1= 41; n2: 66; p: 0.001).

DISCUSIÓN

El dimorfismo sexual de tamaño es un fenómeno complejo y poco comprendido en cuanto a sus causas citogenéticas y evolutivas. En este trabajo se llevaron a cabo los estudios comparativos de estas diferencias de tamaño, con el uso de variables morfométricas en una población de gatos domésticos, que, debido a su homogeneidad morfológica, sus características reproductivas y rango de tamaño, nos arrojaron datos estadísticamente significativos.

La variación del tamaño del cuerpo entre especies relacionadas a menudo sigue patrones evolutivos que son notablemente consistentes en los taxones. Según la regla de Rensch, el dimorfismo sexual de tamaño tiende a aumentar con el tamaño del cuerpo cuando los machos son más grandes, pero disminuye cuando las hembras son de mayor tamaño (Abouheif, & Fairbairn, 1997; Rensch, 1950). Por el contrario, si las presiones de selección en las hembras son el principal impulsor de la evolución del dimorfismo sexual de tamaño, entonces ésta misma debería aumentar con el tamaño corporal promedio en la especie, pero con el sesgo hacia las hembras, lo contrario de la regla de Rensch (Webb & Freckleton, 2007).

Al comparar en este estudio a hembras con los machos, se pudo constatar que los machos son significativamente más grandes que las hembras en casi todas las variables consideradas, esto comprueba que este dimorfismo se encuentra sesgado hacia los machos, ya que, en mamíferos, los machos son usualmente mayores que las hembras con excepciones a esta regla en diferentes especies (Lindenfors et al., 2007). Este fenómeno se puede explicar mediante el modelo de la selección natural clásica, este dimorfismo favorece diferentes tamaños corporales para adecuar los sexos a diferentes papeles ecológicos o al nicho competencia alimentaria

ocurrente entre machos y hembras (Isaac, 2005). Según Lindenfors y colaboradores (2007) los mamíferos machos son usualmente más grandes que las hembras como producto de la acción de proceso de la selección sexual, en el sentido darwiniano de competición intrasexual, lo que representa una ventaja para favorecer el acceso a las hembras, dando pie a la reproducción y conservación de la especie.

Los machos fueron más pesados que las hembras, lo que concuerda con lo reportado por Thatcher et al. (2000), el cual menciona que el aumento de peso es más común en machos, especialmente en los castrados y esto se debe a que, aunque las hormonas sexuales no son de requerimiento primario para la regulación del metabolismo, estas influyen en la alimentación y en el peso corporal directamente actuando en el Sistema Nervioso Central e indirectamente alterando el metabolismo celular, mientras que los estrógenos ejercen un efecto inhibitorio en el consumo de alimento. Sin embargo, en las hembras, el consumo de alimento varía con su ciclo estral, minimizándose durante el ciclo e incrementando durante la ausencia del mismo. Estudios recientes han demostrado que los estrógenos inhiben la lipogénesis y es un factor determinante para el número de adipocitos sobre todo en machos, la edad del gato en el momento de ser esterilizado no tiene ningún efecto sobre el desarrollo de obesidad (Diez, 2006). Durante el muestreo de esta investigación, al entrevistar a los propietarios de los ejemplares, un factor en común que tenían los machos "más grandes" era el tipo de alimentación, muchos de ellos eran alimentados con comida casera y con comida comercial al mismo tiempo en un sistema *Ad libitum* (libre acceso). Este tipo de alimentación -en conjunto con la esterilización-, son factores que favorecen el aumento de grasa en machos.

CONCLUSIONES

Después de llevar a cabo la investigación correspondiente, se pudo constatar que el uso de la morfometría fue de gran apoyo, para cuantificar las características morfológicas de los organismos permitiendo el análisis estadístico para comparar ambas poblaciones de gatos hembras contra machos y así poder demostrar estadísticamente las diferencias entre ellos con respecto a sus diferentes variables, encontrando que si existen diferencias morfométricamente relevantes entre hembras y machos.

REFERENCIAS

1. Abouheif, E. & Fairbairn, D. J. 1997. A comparative analysis of sexual size dimorphism: assessing Rensch's rule. The American Naturalist 149: 540-562.
2. Andersson, M. 1994. Sexual Selection. Princeton University Press, Princeton, Estados Unidos.
3. Bidau, C. J., Martí, D. A. 2008. Rensch's rule in Dichroplusprateensis, a replyto Wolak. Annals of the Entomological Society of America 101: 802-803.
4. Dale, J. Dunn, P. O., Figuerola, J., Lislevand, T., Székely, T., Wittingham. L. A. 2007. Sexual selection explains Rensch's rule of Allometry for sexual size dimorphism. Proceedings of the Royal Society of London B 274: 2971–2979.
5. Diez, M. 2006. The epidemiology of canine and feline obesity, IVIS, Vol. 16, No 1.
6. Fairbairn, D. J. 1997. Allometry for sexual size dimorphism: pattern and process in the coevolution of body size in males and females. Annual review of ecology and systematics 28: 659-687.
7. Fairbairn, D. J. 2007. Introduction: the enigma of sexual size dimorphism. En: Fairbairn. D. J., Blanckenhorn, W.U., Székely, T. (eds.), Sex, Size. Pp. 1-12. Oxfor University Press, Oxford, United Kingdom.
8. Hedrick, A. V., Temeles, E.J. 1989. The evolution of sexual dimorphism in animals: hypotheses and tests. Trends in Ecology and Evolution 4: 136-138.
9. Isaac, J. L. 2005. Potential causes and life-history consequences of sexual size dimorphism in mammals. Mammal Review 35: 101–115.
10. Krebs, J. R. & Davies. N. 1993. An Introduction to Behavioral Ecology. Blackwell, Oxford.
11. Lindenfors, P., Gittleman, J. L., Jones, K. E. 2007. Sexual size dimorphism in mammals. En: Fairbairn, D.J., Blanckenhorn, W.U., Székely, T. (eds.), Sex, Size and Gender Roles. Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism, pp. 16-26. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.
12. Martínez, E. 2013. "Métodos no paramétricos I" 2do. Cuat. Página 81. https://www.dm.uba.ar/materias/optativas/metodos_no_parametricos_1/2013/2/NoparI08.pdf
13. Martínez, P. A., Ferreira A., Bidau, T. 2014. Una aproximación filogenética al studio del dimorfismo sexual de tamaño en Felidae y la evaluación de la regla de Rensch. Ecosistemas 23(1): 27-36.
14. Mysterud, A. 2000. The relationship between ecological segregation and sexual body size dimorphism in large herbivores. Oecología 124: 40-54.
15. Pérez, J. V., Alegría J. 2009 Evaluación morfométrica y dimorfismo sexual intra-poblacional de Rhinoclemmys nasuta (Boulenger, 1902) en una zona insular continental del Pacífico colombiano. Revista colombiana de ciencia animal 1(2): 143-156.
16. Rensch, B. 1950. Die Abhangigkeit der Relativen Sexual differenz von der Korpengrösse. Bonner Zoologische Beiträge 1: 58-69.
17. Rensch, B. 1960. Evolution above the Species Level. Columbia University Press, New York, Estados Unidos.
18. Thatcher C. D., Hand M. S., Remillard R. L. 2000. Nutrición clínica en pequeños animales: un proceso repetitivo. Animales. Pp 1-22. Intermédica, S. A. I. C. I. Buenos Aires.
19. Webb, T. J., Freckleton, R. P. 2007. Only half right: species with female-biased sexual size dimorphism consistently break Rensch's rule. PLoS.
20. Zavando, M. D. A.; Suazo, G. I. C., Smith, R. L. 2009. Determinación del dimorfismo sexual en las dimensiones lineales de cráneos. International Journal of Morphology, 27 (1): 133-7.
21. Zar, J. H. 2010. Biostatistical Analysis (5ª edition). Prentice Hall.

El Pastor Alemán En México

SUSCRÍBETE A NUESTRA PUBLICACIÓN DIGITAL

Visita Nuestras Redes Sociales

REVISTA EL PASTOR ALEMÁN EN MÉXICO

@fcm_epam

info@fcm.mx

www.pastoralemanmexico.com.mx
www.revistapastoraleman.mx

CROMOSOMAS Y MUTACIONES ¿ACEPTAS EL RETO?

MVZ Rodrigo E. Téllez
rodrigo.tellez@fcm.mx

Los cromosomas son estructuras altamente organizadas, formadas por ADN y proteínas, contienen la mayor parte de la información genética. La estructura de los cromosomas está compuesta de la siguiente manera.

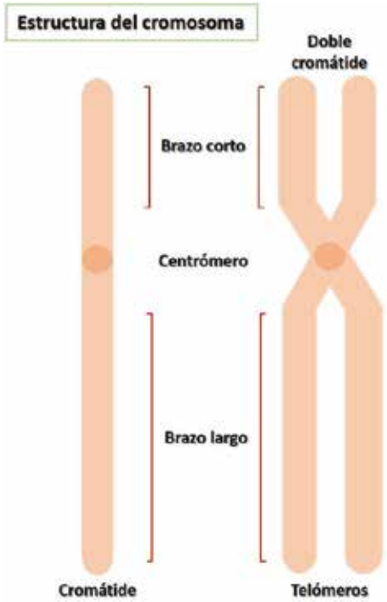


Fig. 1. Estructura del cromosoma.
Donde se observan los componentes principales.

Los cromosomas están clasificados de acuerdo con la posición que tiene el centrómero, en caso de que el centrómero se posicione en la parte superior se le conoce como acrocéntrico, si el centrómero se posiciona en el otro extremo, se conoce como sub metacéntrico y si se posiciona en la parte de en medio se denomina metacentro. Los cromosomas se localizan dentro del núcleo de la célula y el estudio en el que se pueden analizar los cromosomas de los animales se llama cariotipo.

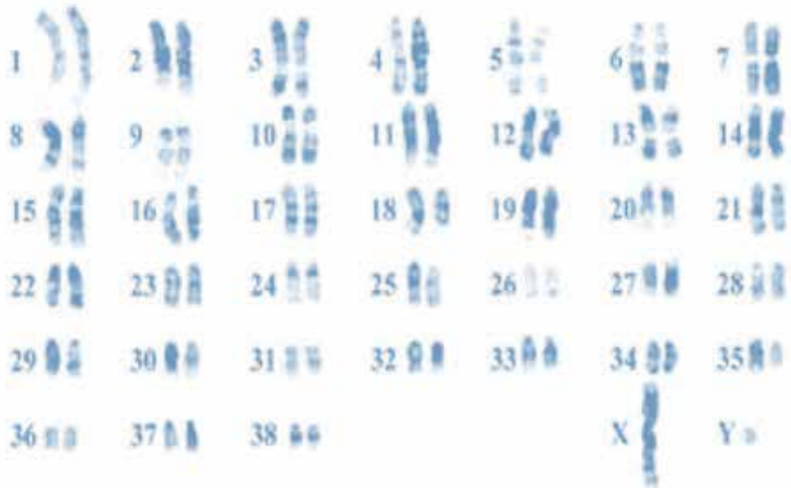


Fig. 2. Ejemplo del cariotipo de un perro. Se observan los diferentes cromosomas que conforman el genoma. Se encuentran acomodados en orden los 39 pares de cromosomas incluidos los cromosomas sexuales.

En un cariotipo podemos observar diferentes tamaños, formas y características especiales que tienen los cromosomas, además, en la mayoría de los animales los cromosomas se encuentran por pares.

PUNTOS CLAVE A CONSIDERAR EN LOS CROMOSOMAS:

- La diferencia entre hembras y machos está dada por un par de cromosomas que se llaman cromosoma X y cromosoma Y.
- En las hembras de los mamíferos, los cromosomas sexuales están compuestos por dos pares de cromosomas X, mientras que en los machos están compuestos por un cromosoma X y un cromosoma Y.
- Los machos son XY y las hembras XX, estos cromosomas se conocen como cromosomas sexuales.
- Los cromosomas que no están relacionados al sexo se conocen como autosomas.
- La suma de los cromosomas sexuales más los autosomas constituyen el genoma, que es el total de los cromosomas en una célula.

Una de las características que presentan los cromosomas son las bandas, estas estructuras ayudan a identificar los diferentes cromosomas ya que pueden ser identificadas por su tamaño y su forma. Estas bandas se nombran de acuerdo con la técnica que se utiliza para teñirlas, es decir, se agrega un colorante particular y las bandas adquieren el color del colorante utilizado, los colorantes que se utilizan principalmente son: Giemsa, Quinacrina, Bromodeoxyuridina y Acridina. A partir de estos colorantes es que se les nombra a las bandas, un ejemplo son las Bandas G, que se tiñeron con Giemsa.

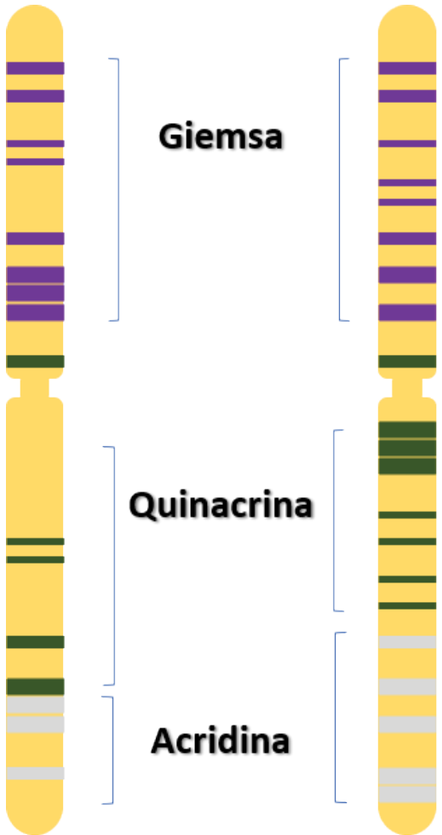


Fig. 3. Se representa un ejemplo de cómo es que se tiñen las bandas de los cromosomas con los diferentes colorantes que se utilizan para evidenciar el patrón de bandas.

Las bandas sirven para identificar a los cromosomas debido a un patrón de bandas muy característico. A estos patrones se les conoce como ideogramas, los cuales son una representación característica de los patrones de cada cromosoma.

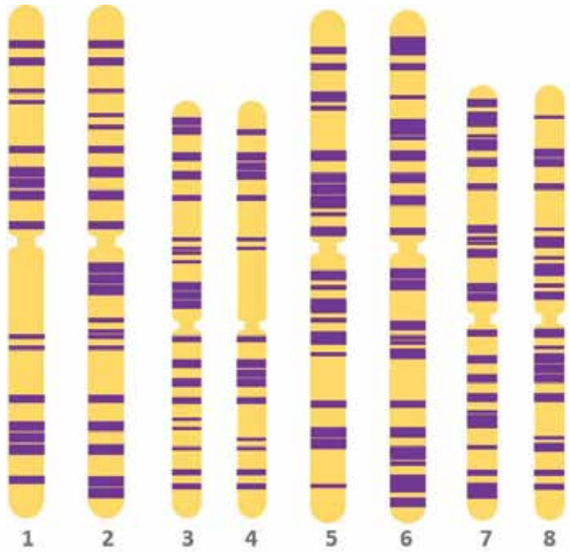


Fig. 4. Ejemplo de un ideograma cromosómico donde podemos observar los patrones de bandas que pueden llegar a presentar los cromosomas. Los patrones son una gran herramienta para la clasificación e identificación de los cromosomas, así como para poder evidenciar si existe algún cambio o alteración de estos.

A partir del análisis de los ideogramas se pueden presentar ciertos cambios en los patrones de las bandas que originan anomalías de carácter numérico y estructural, tanto en los autosomas como en los cromosomas sexuales. Estos cambios pueden resultar en la aparición de algunas enfermedades conocidas, debido a lo anterior, al estudiar los patrones de las bandas de cromosomas es posible identificar algunas enfermedades que afecten la salud de los perros.

De esta manera, la aplicación del estudio de los cromosomas ayuda a la investigación y prevención de diversas enfermedades que pueden afectar a los seres vivos.

ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO ADN

Consiste en dos cadenas que se enrollan entre ellas para formar una estructura de doble hélice, cada cadena tiene una parte central formada por azúcares (desoxirribosa) y grupos fosfato. Un tercer componente, una base nitrogenada, existe en diferentes formas que se les conoce como nucleótidos: Adenina (A), Timina (T), Guanina (G) y Citocina (C). Las bases de A y G tienen una estructura similar y se les conoce como purinas. A las bases C y T se les conoce como pirimidinas, ambas tienen estructuras similares.

Fig. 5. Esquema de los componentes del ADN, las bases Adenina (A) y Timina (T) son estructuras similares que se conocen como purinas. Las bases nitrogenadas de Citocina (C) y Guanina (G) se conocen como bases pirimídicas.

Las dos cadenas que constituyen el ADN se unen específicamente entre pirimidas y purinas, es decir, la base A sólo se va a unir a la base T y viceversa, mientras que la base G sólo se va a unir a la base C. Esto da como resultado que cada cadena sencilla de ADN es complementaria a la otra cadena para formar una cadena doble. De esta forma, si tenemos una cadena sencilla es posible predecir la conformación de la cadena complementaria.

Fig. 6. Esquematización de la complementariedad de las cadenas de ADN, se observa esa relación entre A:T y C:G.

¿QUÉ SON LAS MUTACIONES?

Una mutación es el cambio al azar en la secuencia de nucleótidos o en la organización del ADN de un ser vivo, lo que conlleva a una variación en las características de este y que no necesariamente se transmite a la descendencia. Se presenta de manera espontánea y súbita o por la acción de mutágenos. Las células que se ven afectadas son las somáticas o las germinales.

Las células somáticas son las que conforman el crecimiento de los tejidos y órganos de un ser vivo pluricelular, las cuales proceden de células madre originadas durante el desarrollo embrionario y que sufren un proceso de proliferación celular y apoptosis. Las células germinales, son las células precursoras de los gametos: óvulos (en las hembras) y espermatozoides (en los machos) en los organismos que se reproducen sexualmente.

Existen varios tipos de mutaciones, estas pueden ser en células somáticas y se conocen como mutaciones somáticas, por otra parte, cuando se afectan las células germinales son nombradas mutaciones germinales.

En las mutaciones somáticas se generan dos líneas celulares diferentes con distinto genotipo, todas las células que derivan de ella por divisiones mitóticas heredarán la mutación, es lo que se conoce como herencia celular. Es muy importante remarcar que las mutaciones que afectan solamente a las células de la línea somática no se transmiten a la siguiente generación.

Las mutaciones germinales son alteraciones que afectan a las células productoras de gametos (óvulos o espermatozoides) generando gametos con mutaciones. Estas mutaciones sí se

transmiten a la siguiente generación. Por lo anterior, dichas mutaciones tienen una mayor importancia desde el punto de vista evolutivo.

Así mismo, existen diferentes niveles de mutación, es decir, basado en el número de bases que se afectan o en los sitios donde se generan las alteraciones. Estas pueden ser:

- Mutación génica: mutación que afecta a un solo gen.
- Mutación cromosómica: mutación que afecta a un segmento cromosómico que incluye varios genes.
- Mutación genómica: mutación que afecta a cromosomas completos (por exceso o por defecto) o a juegos cromosómicos completos.

Las mutaciones génicas tienen una gran relevancia debido a que la alteración de una sola base puede generar muchos cambios en el funcionamiento de las células y afectar completamente a un organismo vivo. Los cambios que se pueden presentar en la secuencia del ADN son los siguientes:

- Transiciones: cambio de una A por una G o el cambio de una C por una T y viceversa.
- Transversiones: cambio de una A o T por una C o G.
- Inserciones: ganancias de uno o más nucleótidos.
- Deleciones: pérdida de uno o más nucleótidos.
- Duplicaciones: la repetición de un segmento de ADN en el interior de un gen.
- Transposiciones: un segmento de un gen cambia de posición para estar en otro lugar distinto del mismo gen o en otro lugar del genoma.

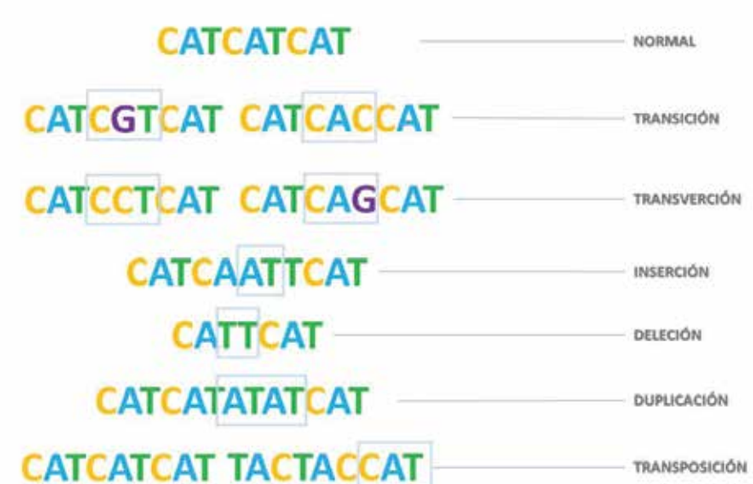


Fig. 7. Esquematización de las mutaciones génicas, un solo cambio de base es capaz de alterar la secuencia y por lo tanto derivar en una alteración que afecte a los seres vivos.

El estudio de las mutaciones ayuda a entender las afectaciones que tienen los seres vivos y que pueden derivar en una adaptación que mejore al ser vivo, en una enfermedad que se transmita de generación en generación o incluso hasta la muerte.

Es importante resaltar que, en caso de tener la posibilidad de detectar alguna mutación en el genoma de un perro, es posible generar estrategias de medicina preventiva y planes de reproducción asistida cuyo objetivo sea el disminuir el riesgo en la presencia de estos cambios que afecten su salud en generaciones siguientes.

EJERCICIO

Completa la cadena complementaria de la siguiente cadena primaria.

CCATGATCCGGCATGACCTATCCGAGATCCGAGACATCGGG

BIBLIOGRAFÍA

1. F.W. Nicholas. Introduction to Veterinary Genetics. 3rd Edition. Wiley-Blackwell. Faculty of Veterinary Science, University of Sydney, Australia. 2010.
2. Feschotte C, Pritham EJ. DNA transposons and the evolution of eukaryotic genomes. Annu Rev Genet. 2007; 41:331-68.
3. Hartl, DL. And Jones, EW. Genetics: analysis of genes and genomes, 7th Edition. Jones and Bartlett, Boston. 2007.
4. King, RC., Stansfield, WD and Mulligan, PK. A dictionary of genetics, 7th Edition. Oxford University Press, New York. 2006.
5. Payer B, Lee JT. X chromosome dosage compensation: how mammals keep the balance. Annu Rev Genet. 2008; 42:733-72.
6. Suzuki MM, Bird A. DNA methylation landscapes: provocative insights from epigenomics. Nat Rev Genet. 2008 Jun; 9(6):465-76.

RESPUESTA

CCATGATCCGGCATGACCTATCCGAGATCCGAGACATCGGG
GGTACTAGGCCGTACTGGATAGGCTCTAGGCTCTGTAGCCC

pura sangre Perros

SUSCRÍBETE A NUESTRA PUBLICACIÓN

suscripciones@fcm.mx

Visita nuestra página y redes sociales

Perros Pura Sangre

@revista_pps

www.revistapps.mx

EFECTO DE LA VARIACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO DE *Danio rerio* (HAMILTON-BUCHANAN, 1822)

Velázquez-Vázquez M. L. & Castañeda-Ortega J. C.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Xalapa, Universidad Popular Autónoma de Veracruz, C. P. 91100 Calle Juan Escutia No. 2 Colonia Revolución, Xalapa, Veracruz, México. *Correo electrónico: asiul15396@gmail.com

Resumen

El pez cebra *(Danio rerio)* es una especie modelo usada en investigaciones y estudios de toxicología, gracias a la facilidad que representa su reproducción en cautiverio y a las numerosas puestas que supone cada pareja. En esta investigación, se observó el efecto del potencial de hidrógeno en el desarrollo embrionario de *Danio rerio* durante las primeras 96 horas post-fertilización (se realizaron tres muestras de pH 6, 7 y 8 respectivamente, cada una con 100 embriones). El desarrollo del pez cebra se dio de manera natural en los diferentes valores de potencial de hidrógeno confirmando la capacidad de adaptación que presenta esta especie. La comparación estadística con ANDEVA de una vía de medidas repetitivas, evidencia de que no hay diferencias significativas entre los tres valores del potencial de hidrógeno donde de los 300 embriones observados, los embriones muertos representan el 2 % del total ($F=0.762$, $gl=4$, $p=0.498$), los embriones con retraso en el desarrollo ($F=3.297$, $gl=4$, $p=0.090$) representan aproximadamente el 48 % que está relacionado con el desarrollo asincrónico, y los embriones con desarrollo normal ($F=3.733$, $gl=4$, $p=0.072$) representan aproximadamente el 50 % del total de las muestras, por lo que se pueden concluir que éstas no fueron afectadas directamente por acción del valor del pH al cual fueron expuestas en las primeras 96 horas post-fertilización.

Introducción

A nivel mundial el cultivo y comercialización de peces de ornato va en aumento, aunque la producción de estos en el estado de Veracruz no ha sido estudiada a fondo para conocer el estado actual de la actividad, debido a la falta de información (Ruiz-Rojas, et. al., 2016). El cultivo de peces de ornato constituye una alternativa para generar ingresos económicos; la actividad requiere de poco espacio e inversión en comparación a otras especies y estas se pueden producir tanto en áreas rurales como en zonas urbanas. En Veracruz -entre otras especies producidas-, destaca el *Danio rerio* mejor conocido como pez cebra (transgénicos en su mayoría), sin

embargo, la falta de práctica en el manejo y la falta de información ha limitado la reproducción exitosa de esta especie perdiéndose alrededor del 70 % de la producción de alevines, de acuerdo con las observaciones realizadas en un intento de reproducción de la especie en una granja acuícola rural perteneciente al estado de Veracruz.

La biología del pez cebra es idónea para el estudio de procesos de embriogénesis, el desarrollo embrionario es transparente, crecen rápidamente y esto facilita la observación científica; es un fenómeno complejo y puede alterarse por la exposición a distintos químicos aun cuando esta no sea relevante comparada con el tiempo de vida del ejemplar, y las anormalidades pueden culminar en la muerte del embrión o feto (Téllez, et. al., 2016).

La concentración del ión hidrógeno da el pH, este es importante para determinados procesos químicos que sólo tienen lugar a un determinado pH, como el metabolismo y el mantenimiento del balance iónico, así como favorecer otros procesos del ciclo hídrico como la nitrificación y desnitrificación. El pH está relacionado con el equilibrio ácido-base en la sangre, lo que señala la importancia de mantener este parámetro constante para evitar que se produzcan daños internos en el pez cebra, además de que la exposición a un bajo pH podría evidenciar daños en la piel o branquias (Balbuena-Rivarola, 2011).

Marco teórico

La acuicultura ha experimentado un marcado crecimiento en los últimos años, y se enfrenta a diferentes situaciones: financieras, nutricionales, climáticas y patológicas, entre otras. El objetivo principal es mantener las tasas de crecimiento y supervivencia a partir de condiciones óptimas (Argüello-Guevara, et. al., 2014). El pez cebra es una especie de la familia de los ciprínidos (Cyprinidae); *Danio rerio* es originario de los ríos de India Oriental y Bangladesh (Asia), y son fértiles todo el año. Actualmente la especie reproducida por excelencia es transgénica y se ha logrado reproducir procreando de la misma forma que los peces no transgénicos, pero con una tasa de sobrevivencia de las crías del 10 al 13 % de acuerdo con Scotto (2012), cifra que a la fecha ha mejorado con dedicación y muchos cuidados durante las primeras horas post-fertilización.

Danio rerio es una especie de importancia económica en la acuicultura ornamental, considerado modelo biológico. Sin embargo, es necesaria la generación de conocimiento que proporcione información científica relacionada con su nutrición, crecimiento y reproducción para incrementar sus posibilidades de éxito en las granjas de producción piscícola. Las condiciones bajo las cuales se mantiene en laboratorios han estado en conflicto con sus preferencias naturales; el rango geográfico natural actual exacto no es claro (Reed & Jennings, 2011), puesto que los ciprínidos tienen la capacidad de adaptarse a aguas levemente ácidas o alcalinas.

Potencial de hidrógeno

Existen procesos químicos en el metabolismo de los peces que solamente pueden tener lugar a un determinado valor de pH. Los ciprínidos tienen la capacidad de adaptarse a aguas levemente ácidas o alcalinas, el pH ideal para la reproducción y mantenimiento de *Danio rerio* aún no es clara, hay una controversia entre varios autores acerca del pH ideal u óptimo para la reproducción o adaptación de acuerdo con el pH del hábitat natural, Reed & Jennings (2011) mencionan que los diferentes contrastes entre el valor ideal del pH parten de una posible identificación errónea del hábitat, pero a su vez de la gran disponibilidad del pez cebra en diferentes lugares en donde se puede reproducir según el propósito de uso, lo cual ha generado una lista extensa de valores de pH óptimo.

Se sabe que los extremos letales de pH para peces en condiciones de cultivo, está por debajo de 4 y por encima de 11 (Rodríguez & Anzola, s.f.), aunque el pez cebra es un organismo que se pueden adaptar a cambios graduales del medio no están adaptados para aguantar cambios bruscos, y el pH no se debe variar más de 0.5 puntos de manera repentina. Un pH muy ácido provoca alteraciones en el epitelio del pez cebra y una exposición crónica podría evidenciar daños en las branquias produciendo una lesión aguada con disfunción respiratoria y muerte, además de daños en la piel, aletas y córnea (Balbuena-Rivarola, 2011), por otra parte, un pH alcalino podría ocasionar daños a la córnea y cristalino como resulta en el caso de la reproducción de truchas. La importancia de mantener constante el valor del pH recae en el hecho de que la nitrificación se puede llevar a cabo a tiempo evitando altas concentraciones que dañan la fisiología del pez. El pH también es un factor a tomar en cuenta en el proceso de la nitrificación, se sabe que esta es más exitosa a valores alrededor de 7 (Sedano & Agustín-Anguís, 2016), por lo que muchos criadores mantienen el pH de sus estanques sobre este valor.

Justificación

La reproducción de peces de ornato es una actividad que se basa en avances del conocimiento de las especies y la aplicación de nuevas técnicas de mantenimiento. Los peces son organismos acuáticos sensibles a la perturbación ambiental, lo que hace visibles los daños teratogénicos por variaciones repentinas en las condiciones del medio, ya sea temperatura, pH, amonio, nitratos o nitritos, cantidad de oxígeno, densidad de siembra u oxigenación y cuando las condiciones del agua son modificadas, la toxicidad o teratógenia genera alteración en la morfogénesis temprana y algunos problemas van a repercutir durante la etapa de alevín con saco vitelino causando mortalidad en los organismos (Álvarez, 2011).

Planteamiento del problema

Los embriones de *Danio rerio* son una herramienta accesible y eficiente para investigaciones, ya que el sistema inmunitario no está completamente activo hasta los 28-42 días post-fecundación y los embriones metabolizan pequeñas moléculas disueltas en el medio acuoso donde se encuentran, lo que permite evaluar la toxicidad de compuestos solubles en el mismo (Yebra-Pimentel, 2014). *Danio rerio* como herramienta para estudios tiene la ventaja de que alrededor de 24 horas después de la fecundación los órganos más importantes están ya formados en la larva y durante el tercer día se produce la eclosión (Santos-Merino, 2011), la transparencia de los embriones permite observar en el microscopio todos los estadios de su desarrollo y los huevos son resistentes a la manipulación.

Objetivo

Determinar el efecto de diferentes valores de pH en el desarrollo embrionario de *Danio rerio*.

Hipótesis

La exposición a un pH distinto de 7 producirá un aumento en la frecuencia de organismos que presenten un marcado retraso en su desarrollo, así como un aumento en la frecuencia de mortalidad en embriones de *Danio rerio*.

Materiales y métodos

Los embriones se obtuvieron a partir de la reproducción en laboratorio de peces cebra adultos obtenidos en diferentes acuarios en la ciudad de Xalapa, Veracruz (Figura 1), estos se mantuvieron en peceras de 40 litros con luz led con un ciclo luz-oscuridad 12/12 h, a una temperatura de 26 (±2) °C, con un filtro biológico de esponja, alimentados a saciedad dos veces al día con alimento comercial Hojuela Básica marca LOMAS por la mañana y por la tarde. Para la reproducción los adultos se mantuvieron separados y se pasaron a una red 12 horas antes de la puesta a la pecera para recolectar los huevos que una vez fertilizados fueron desinfectados y separados en recipientes etiquetados para iniciar las observaciones y el registro de las mismas.

Se comparó el efecto de tres valores de pH en el agua (pH 6, 7 y 8) donde se desarrollaron 100 embriones de pez cebra en cada valor a partir de lo que se pudieron cuantificar cambios morfológicos por las alteraciones fenotípicas

Reproductores y selección de huevos embrionados

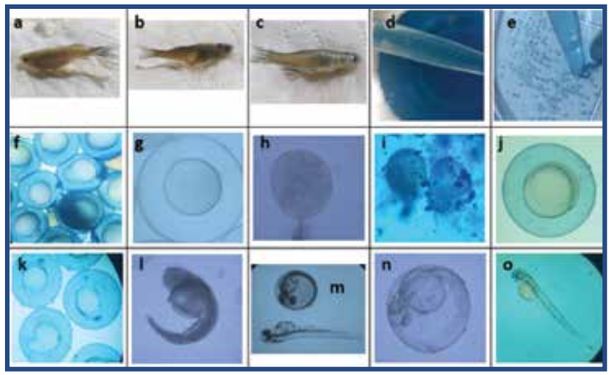


Figura 1. Reproducción de peces cebra transgénicos y selección de huevos para observar el desarrollo embrionario. **a)** hembra; **b)** macho 1; **c)** macho 2; **d)** colecta de huevos en pipeta de transferencia; **e)** selección de huevos fértiles después de lavarlos; **f)** vista al microscopio (4x) para la selección de embriones; **g)** huevo de *Danio rerio* fertilizado; **h)** huevo no fertilizado; **i)** huevos de pez cebra con formación de hongos; **j)** embrión de *Danio rerio* con 6 horas de formación aproximadamente; **k)** réplicas del experimento, observación del desarrollo embrionario (vista al microscopio, 4x); **l)** embrión muerto de una de las réplicas; **m)** desarrollo embrionario asincrónico, larva antes de eclosionar y larva que ha eclosionado; **n)** embrión de *Danio rerio* completamente formado antes de eclosionar; **o)** embrión eclosionado.

durante las primeras horas post-fertilización en embriones de *Danio rerio*. En cada tratamiento se realizaron cinco observaciones a las 9, 24, 48, 72 y 96 horas post-fertilización en las que se retiraron 20 huevos embrionados para ser analizados al microscopio. Para las observaciones se utilizó un microscopio óptico marca Laboteca modelo Binocular WF 10X-18mm a un aumento de 4X. Las variables respuestas analizadas fueron las frecuencias de embriones muertos, embriones con retraso en su desarrollo y embriones con un desarrollo normal.

Para determinar las diferencias del desarrollo embrionario en los tres valores diferentes del pH se realizó la prueba paramétrica ANDEVA de una vía para medidas repetidas (Zar, 2010) con el Software SigmaStat 4.0 Advisory Statistics for Scientists desarrollado por Jandel Scientific Software.

Resultados

Se analizaron 300 embriones para determinar la frecuencia de muertes, desarrollo tardío y desarrollo normal en los diferentes valores de pH a los que fueron expuestas las muestras. La comparación estadística con ANDEVA de una vía de medidas repetitivas evidencia de que no hay diferencias significativas entre los tres valores del potencial de hidrógeno a los que fueron expuestas las muestras.

La muerte de 6 embriones representa el 2 % del total de las muestras, el análisis estadístico (F=0.762, gl=4, p=0.498) no refiere diferencias significativas entre los distintos valores del pH. En pH 6 se encontró sólo un embrión muerto a las 48 horas; en pH 7 se reportaron cuatro muertes (una a las 24 h; otra a las 48 h y dos a las 96 h); mientras que en el pH 8 sólo se reportó una muerte a las 96 horas (Figura 2).

El retraso del desarrollo fue más evidente, comparado con las referencias de Soledad-Solís (2013) y Kimmel, et al. (1995). En pH 6 se reporta una frecuencia de desarrollo tardío de 45 embriones (20 a las 9 h; 12 a las 24 h; 8 a las 48 h y 5 a las 72 h); para el caso de pH 7 la frecuencia de desarrollo tardío fue en 53 embriones (20 a las 9 h; 13 a las 24 h; 15 a las 48 h; 4 a las 72 h y 1 a las 96 h) y para el pH 8 la frecuencia de desarrollo tardío fue 47 (20 a las 9 h; 7 a las 24 h; 19 a las 48 h y 1 a las 72 h) representando en total 145

Embriones muertos en pH 6,7 y 8

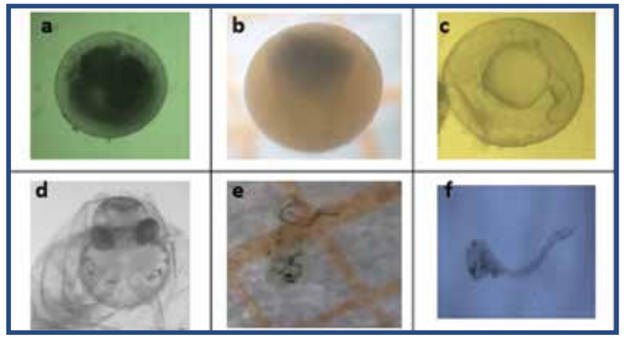


Figura 2. Embriones muertos de pez cebra *(Danio rerio)*. **a)** embrión muerto en pH 6 a las 48 h; embriones muertos en pH 7: **b)** a las 24 h; **c)** a las 48 h; **d)** y **e)** a las 96 h; **f)** en pH 8 a las 96 h.

Embriones con desarrollo tardío en pH 6, 7 y 8

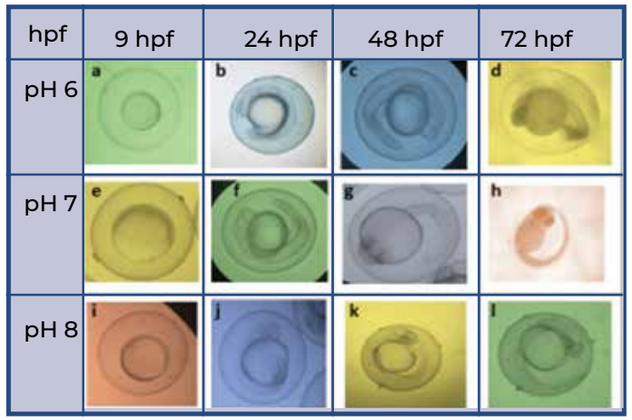


Figura 3. Embriones con desarrollo tardío en horas post-fertilización (hpf) en pH 6, 7 y 8. A las 9 hpf: **a)** formación de 6 h; **e)** formación de 5.3 h; **i)** formación de 6 h. A las 24 hpf: **b)** formación de 18 h; **f)** formación de 21 h; **j)** formación de 22 h; a las 48 hpf: **c)** formación de 31 h; **g)** formación de 35 h; **k)** formación de 42 h; a las 72 hpf: **d)**; **h)** formación de 48 h; **l)** formación de 72 h.

embriones o un 48 % del total aproximadamente. En el análisis estadístico (F=3.297, gl=4, p=0.090) no se encontraron diferencias significativas (Figura 3).

Por su parte, al analizar las frecuencias de embriones con desarrollo normal encontramos 149 embriones representado aproximadamente un 50 % del total. Para el pH 6 la frecuencia se presentó en 64 embriones (8 a las 24 h; 11 a las 48 h; 15 a las 72 h y 20 a las 96h); en pH 7 la frecuencia se presentó en 33 embriones (6 a las 24 h; 4 a las 48 h; 16 a las 72 h y 17 a las 96 h); para el caso del pH 8 hubo una frecuencia de 52 embriones con desarrollo normal (13 a las 24 h; 1 a las 48 h; 19 a las 72 h y 19 a las 96 h). A partir del análisis estadístico no se encontraron diferencias en la frecuencia de embriones con desarrollo normal (F=3.733, gl= 4, p=0.072) (Figura 4).

Embriones con desarrollo tardío en pH 6, 7 y 8

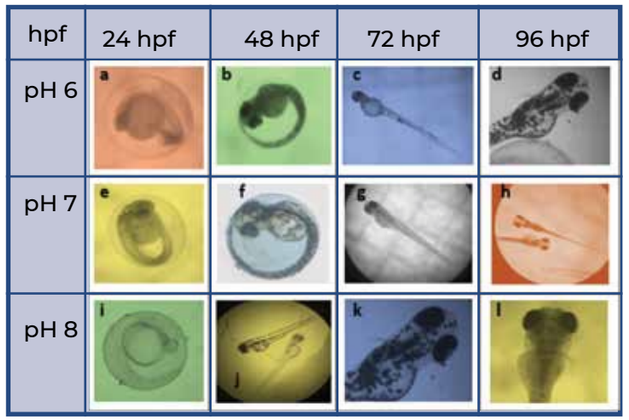


Figura 4. Embriones con desarrollo normal horas post-fertilización (hpf) en pH 6, 7 y 8. A las 24 hpf: **a); e); i).** A las 48 hpf: **b)** larva completamente formada; **f)** larva activa antes de eclosionar; **j)** larvas recién eclosionadas; a las 72 hpf: **c)** larva activa; **g)** larva con flotación negativa; **i)** larva con aleta izquierda; a las 96 hpf: **d)** larva activa con aleta izquierda; **h)** larvas activas; **i)** larva activa con aleta derecha.

Discusión

Los valores del pH entre 6 y 9 no suelen producir impactos en cultivos biológicos, aunque sí tiende a interferir en la reacción con otros compuestos como sucede con la concentración de amonio donde las especies que se desarrollan en agua dulce y más alcalina son más tolerantes a la presencia de este compuesto, no así en aguas ácidas como menciona Souza-Bastos, et al. (2015). La concentración del pH no intervino de forma directa en el desarrollo embrionario normal, considerando que se habla de desarrollo temprano y tardío (Álvarez, 2011). El desarrollo embrionario del pez cebra es asincrónico y a pesar de ser embriones de la misma puesta e incubar simultáneamente a la misma temperatura y sin aglomeración se encontraban diferentes estadios al mismo tiempo. Por otra parte, diferentes autores señalan variedad de valores del pH ideal para el desarrollo embrionario del pez cebra, mismos que se encuentran dentro del rango señalado por Meyer (2004) quien describe la capacidad de adaptación de los peces que abarca un rango de pH de 6.5 – 8.5; el pez cebra es tolerante a un amplio rango de tratamientos experimentales (Kwong, et el., 2014). El rango geográfico natural actual exacto del pez cebra no es claro y las condiciones bajo las cuales se mantiene en laboratorios han estado en conflicto con sus preferencias naturales, por lo que cabe la posibilidad de que los datos hayan sido mal identificados según destaca Reed & Jennings (2011).

Los peces toleran un amplio rango de los valores de pH y se mencionan diversos valores "óptimos" para el desarrollo del pez cebra. También cabe mencionar que los valores letales se encuentran por debajo de cuatro y por arriba de once, de acuerdo con Balbuena-Rivarola (2011) y el efecto agudo o crónico depende del tiempo de exposición, por ejemplo, en la reproducción de trucha un pH alcalino evidencia daños en las branquias de los peces.

De los resultados obtenidos del desarrollo embrionario de 100 huevos de pez cebra fertilizados y expuestos a un pH 6 respectivamente durante las primeras 96 horas post-fertilización, tenemos que no hay una relación directa a la acción del valor de pH a que fue expuesto este grupo, pudimos observar que hubo un desarrollo embrionario normal considerando el desarrollo asincrónico mencionado por Álvarez (2011). El punto neutro del pH es 7,0, la constancia del valor del potencial de hidrógeno favorece un mejor desarrollo de los organismos, ya que las variaciones repentinas ocasionan estrés y pueden inducir a la muerte de los organismos. Además, el valor del potencial de hidrógeno interfiere en la reacción de otros parámetros, en un rango de 7-8 la nitrificación exitosa (Sedano & Agustín-Anguís, 2016).

La relación más directa en cuanto a las preferencias del pez cebra por un medio u otro en este experimento se observaron en aguas más alcalinas; es decir, de las muestras correspondientes a un pH 8 donde se identificó que las muestras cumplieron con un desarrollo normal más cercano a los estadios que describen Soledad-Solís (2013) y Kimmel et. al. (1995) considerando el desarrollo asincrónico (Álvarez, 2011). Estos resultados corroboran la información presentada por Lawrence (2007) quien refiere la preferencia del pez cebra por aguas en calma o con bajo movimiento, que sean transparentes y ligeramente alcalinas (pH ≈ 8.0).

El pH inicia una acción en el embrión desde el momento en que adquiere contacto con el agua; el daño depende del tiempo de exposición y de la concentración del pH y otros factores que se relacionen directamente, como la temperatura y el manejo en general que incluye la salud y madurez de los reproductores antes de la puesta para garantizar embriones sanos, esto es clave para un manejo eficiente y la obtención de buenas puestas. La capacidad del pez cebra para adaptarse o sobrevivir a un medio determinado o cambiante es alta, sin embargo, la obtención de buenas puestas si es posible que mantenga una relación directa con la constancia del potencial de hidrógeno ya que en aguas ácidas la nitrificación no se lleva a cabo a tiempo y esto interfiere en el desarrollo normal de los organismos.

La flexibilidad que posee el pez cebra en el ámbito de adaptación para reproducirse en diversidad de ambientes como el uso exitoso en pruebas de laboratorio, escuelas, acuarios, para experimentos y como hobby da cabida a que se desconozca realmente cual es el hábitat predilecto, ya que una vez que los peces se han adaptado a un ambiente determinado la reproducción no será problema. *Danio rerio* es un pez capaz de desarrollarse en diferentes valores del potencial de hidrógeno (6, 7 y 8) lo cual confirma la diversidad de datos proporcionados por los autores sobre la preferencia del pez cebra por un valor u otro. También es posible comprobar que los requisitos específicos para alimentar, agrupar y criar a estos animales, además de factores ambientales pueden variar de un criadero a otro. Los resultados obtenidos permiten comprobar lo reportado por Reed & Jennings (2011) al afirmar que se trata de una especie que se adapta o sobrevive en distintos cuerpos de agua de pie o movimiento lento como piscinas, estanques, lagos,

zanjas o arrozales con lo cual se corrobora la capacidad de adaptación a aguas tranquilas y poco estables.

Conclusiones

El desarrollo normal y tardío, así como las muertes que se presentaron en las muestras observadas expuestos a diferentes concentraciones del pH no muestran una acción directa de los valores implementados; el resultado de la exposición a pH 7 no es mejor que los resultados de los valores 6 y 8 ya que el retraso del desarrollo embrionario se asocia al desarrollo asincrónico que presenta esta especie y de manera similar el desarrollo embrionario ocurre sin complicaciones que limiten tal ciclo.

Sin embargo, es importante destacar que la constancia de un mismo valor permite un mejor desarrollo de estos organismos, dado que es una manera de mantener un equilibrio del estado de defensas, lo cual evita la presencia de enfermedades y aumenta la capacidad de un mejor desarrollo.

Además, cabe mencionar que se comprueba la facilidad que manifiesta esta especie por desarrollarse en diferentes ambientes, lo cual es una ventaja para implementarlo cada vez más en áreas de investigación y experimentación. Sin embargo, el uso desmedido de la especie y la flexibilidad de esta por sobrevivir muestra lo fácil que resulta la posibilidad de invadir aguas de ríos y pequeños crecientes de agua en donde no se podía ver a estos peces.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez, C. (2011). Efectos teratogénicos del nitrato de plomo en el desarrollo embrionario del pez cebra (*Danio rerio*) (Hamilton, 1822) a cinco dosis subletales. Facultad de Ciencias. Bogotá.
2. Argüello-Guevara, W., Bohórquez, M., Silva, A. (2014). Malformaciones craneales en larvas y juveniles de peces cultivados. Latin American Journal of Aquatic Research. 45(5): 950-962. Consultado el 19 de junio 2020.
3. Balbuena- Rivarola, E. D. (2011). Manual básico de sanidad piscícola. Ministerio de agricultura. FAO. Paraguay. Recuperado el 19 de abril 2019.Kimmel, C., Ballard, W., Kimmel, S., Ullumann, B., Schilling, T. (1995). Stages of Embryonic Development of the Zebrafish. Developmental Dynamics. Universidad de Oregon. 203; 253-310. Consultado el 11 de mayo 2020.
4. Kimmel, C., Ballard, W., Kimmel, S., Ullumann, B., Schilling, T. (1995). Stages of Embryonic Development of the Zebrafish. Developmental Dynamics. Universidad de Oregon. 203; 253-310. Consultado el 11 de mayo 2020.
5. Kwong, R., Kumai, Y., Perry, S. (2014). The physiology of fish at low pH: the zebrafish as a model system. The journal of Experimental Boology. 217, 651-662. Consultado el 19 de junio 2020.
6. Lawrence, C. (2007, abril, 24). The husbrandy of zebrafish (*Danio rerio*): A review Science Direct. Massachusetts. USA. ELSEIER. 269: 1-20. Recuperado el 14 de junio de 2020.

7. Meyer, D. (2004). Introducción a la acuacultura. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano. Honduras. Consultado el 24 de marzo 2020.
8. Reed, B. & Jennings, M. (2011). Guidance on the housen and care of Zebrafish. *Danio rerio*. Research Animals Departament. Science Group. RSPCA. Recuperado el 7 de julio 2020 desde: www.rspca.org.uk/researchanimals
9. Rodríguez, H. & Anzola, E. (s.f.). La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura. IMPA. Capítulo 3. Consultado el 23 de maro 2020.
10. Ruiz-Rojas, F., Asiain, A., Lorenzo, J., Salazar-Ortiz, J. (2016, octubre). Estudio de la producción y comercialización de peces de ornato en el estado de Veracruz. Colegio de postgraduados. Campus Córdoba. Memoria técnica científica. Consultado el 17 de mayo 2020.
11. Santos-Merino, M. C. (2011). Contribución al establecimiento de un modelo de estudio de imprending y reprogramación basado en el cultivo de células aploides y transferencia nuclear en pez cebra. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. Consultado el 23 de febrero 2020.
12. Scotto, C. (2012). Reproducción e hibridación de peces transgénicos fluorescentes en cautiverio: un alcance prospectivo. Scientia agropecuaria. 1: 89-93. Consultado el 10 de abril 2020, desde: www.sci-agropecu.unitru.edu.pe
13. Sedano, F. & Agustín-Anguís, V. (2016). Calidad del agua en sistemas de recirculación para la acuicultura (SRA) marina. Instituto de Investigación y formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Andalucía. Santa María. Consultado el 24 de marzo 2020, desde: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/esSinc. (2013, abril, 13). El genoma del pez cebra lo impulsa como modelo para estudiar enfermedades. Consultado desde: https://www.agenciasinc.es/Noticias/El-genoma-del-pez-cebra-lo-impulsa-como-modelo-paraestudiar-
14. Soledad-Solís, A. (2013). Alteraciones del desarrollo embrionario del pez cebra por la exposición a muestras del Río Atoyac y descargas industriales. Facultad de Ciencias. México.
15. Souza-Bastos, L., Val, A. & Wood, C. (2015, julio, 06). Are Amazonian fish more sensitive to ammonia? Toxicity of ammonia to eleven nativespecis. Hidrobiología. Springer. Consultado el 26 de julio 2020.
16. Téllez, A., Ramírez, E., Ayala, L. (2016, octubre, 1). Alteraciones en el desarrollo embrionario del pez cebra *Danio rerio* causadas por factores químicos. Memorias del XVIII congreso lasallista de investigación, desarrollo e innovación CLIDi 2015.
17. Yebra-Pimentel, E. (2014). Toxicidad de nanotransportadores basados en ácido hialurónico en embriones de pez cebra. Universidad da Corduña. Recuperado el 13 de abril 2020.
18. Zar, J. H. (2010). Bioestadistical Analysis (5ª edition). Prentice Hall. Pp 994.

ACMEVEZ

ACTUALIDADES EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA MÉXICO

Visita nuestra web

Suscríbete al boletín

Lee las ediciones anteriores

Sigue nuestras noticias

Lee la edición digital

Anúnciate

Síguenos en:

acmevez

acmevez

acmevez

www.acmevez.mx

Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia en Pequeñas Especies FCM

MVZ FCM
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA EN PEQUEÑAS ESPECIES

"Los estudiantes de hoy, **líderes del futuro** "

Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia en Pequeñas Especies.
SEP-RVOE-20193327
Fecha de acuerdo 16 de agosto 2019
Incorporado a la SEP
Modalidad: Escolar

Informes:
escuela@fcm.mx