

Pérez Marín
Gil Huerta
Quintela Arias

MANUALES CLÍNICOS
DE VETERINARIA

EDITORES
DE LA
COLECCIÓN

Juan Morgaz Rodríguez
Pilar Muñoz Rascón
Alba Galán Rodríguez

TÉCNICAS REPRODUCTIVAS EN LAS ESPECIES ANIMALES

Carlos C. Pérez Marín
Lydia Gil Huerta
Luis Ángel Quintela Arias

TÉCNICAS REPRODUCTIVAS EN LAS ESPECIES ANIMALES



Manuales clínicos de Veterinaria

Técnicas reproductivas en las especies animales

Propiedad de Elsevier
Prohibida su reproducción y venta

Propiedad de Elsevier
Prohibida su reproducción y venta

Manuales clínicos de Veterinaria

Técnicas reproductivas en las especies animales

p0050

Editores

Carlos C. Pérez Marín (UCO)

Lydia Gil Huerta (UNIZAR)

Luis Ángel Quintela Arias (USC)

Editores de la colección

Juan Morgaz Rodríguez (UCO)

Pilar Muñoz Rascón (UCO)

Alba Galán Rodríguez (UCO)



ELSEVIER



ELSEVIER

Avda. Josep Tarradellas, 20-30, 1.º 08029 Barcelona, España

Técnicas reproductivas en las especies animales

de Carlos C. Pérez Marín, Lydia Gil Huerta y Luis Ángel Quintela Arias

© 2024 Elsevier España, S.L.U.

ISBN: 978-84-1382-371-3

eISBN: 978-84-1382-666-0

Todos los derechos reservados.

Reserva de derechos de libros

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra (www.conlicencia.com; 91 702 19 70/93 272 04 45).

Advertencia

Los profesionales de la salud e investigadores deben siempre contrastar con su propia experiencia y conocimientos la evaluación y el uso de cualquier información, método, compuesto o experimento descrito en esta obra. Los rápidos avances en el conocimiento científico requieren que los diagnósticos y las dosis de fármacos recomendadas sean siempre verificados de manera independiente. Conforme al alcance máximo permitido por la ley, ni Elsevier, ni los autores, editores o colaboradores asumen responsabilidad alguna por cualquier reclamación por daños que pudieran ocasionarse a personas o propiedades por el uso de productos o por negligencia o como consecuencia de la aplicación de cualesquiera métodos, productos, instrucciones o ideas contenidos en esta obra. Con el único fin de hacer la lectura más ágil y en ningún caso con una intención discriminatoria, en esta obra se ha podido utilizar el género gramatical masculino como genérico, remitiéndose con él a cualquier género y no solo al masculino.

Servicios editoriales: DRK Edición

Depósito legal: B.14.868-2023

Impreso en Polonia

Colaboradores

Alberto Acosta Urbano, Hospital Clínico Veterinario, Universidad de Murcia, Murcia, España

Desirée Álamo-Santana, Departamento de Patología Animal, Producción Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, España

Mercedes Álvarez García, Departamento de Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria, Facultad de Veterinaria, Universidad de León, León, España

Luis Anel-López, Departamento de Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria, Facultad de Veterinaria, Universidad de León, León, España

Luis Anel Rodríguez, Departamento de Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria, Facultad de Veterinaria, Universidad de León, León, España

Héctor Areán Dablanca, Xenética Fontao, Fontao-Esperante, Lugo, España

Francisco A. Arrebola Molina, Centro IFAPA de Hinojosa del Duque, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Hinojosa del Duque (Córdoba), España

Mónica Barrio López, Xerese E.T.E. Narón (A Coruña), España

Miguel Batista-Arteaga, Departamento de Patología Animal, Producción Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, España

Juan José Becerra González, Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela (La Coruña), España

Carolina Paula Bianchi, Universidad Nacional del Centro de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

Juan Carlos Boixo Pérez-Holanda, Departamento de Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria, Facultad de Veterinaria, Universidad de León, León, España

Marcos Luis Calero, Departamento de Medicina Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Cáceres, España

Cristina Castaño García, Departamento de Reproducción Animal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (INIA-CSIC), Madrid, España

Jaime Catalán Bahamondes, Grupo de Biotecnología de la Reproducción Animal y Humana (TechnoSperm), Instituto de Tecnología Agroalimentaria, Universidad de Gerona, Gerona, España

Unidad de Biología Celular, Departamento de Biología, Universidad de Gerona, Gerona, España
Servicio de Reproducción Equina, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra (Cerdanyola del Vallès, Barcelona), España

Francisco Crespo Castejón, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España
Centro Militar de Cría Caballar, Ávila, España

Cristina Cuello Medina, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Universidad de Murcia, Murcia, España

Mónica Domínguez Gimbernat, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

Alejandro Fernández Fernández, Área de Selección y de Mejora Genética, Xenética Fontao, Fontao-Esperante, Lugo, España

Colaboradores

Raúl Fernández González, Departamento de Reproducción Animal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (INIA-CSIC), Madrid, España

Pablo Fernández Hernández, Departamento de Medicina Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Cáceres, España

Francisco Ismael Fernández Sánchez, Xénese E.T.E. Narón (A Coruña), España

Pedro García Herradón, Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela (La Coruña), España

Mariana García Kako Rodríguez, Departamento de Biociencias Veterinarias, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

Ferran Garriga Font, Grupo de Biotecnología de la Reproducción Animal y Humana (TechnoSperm), Instituto de Tecnología Agroalimentaria, Universidad de Gerona, Gerona, España
Unidad de Biología Celular, Departamento de Biología, Universidad de Gerona, Gerona, España

María Cruz Gil Anaya, Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Medicina Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Cáceres, España

María Antonia Gil Corbalán, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Universidad de Murcia, Murcia, España

Lydia Gil Huerta, Departamento de Patología Animal (Reproducción), Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

Rubén Gómez Martín, Área de Selección y de Mejora Genética, Xenética Fontao, Fontao-Esperante, Lugo, España

Lauro González Fernández, Departamento de Bioquímica y Biología Molecular y Genética, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Cáceres, España

Noelia González Ortí, Departamento de Patología Animal (Reproducción), Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

Luna Gutiérrez-Cepeda, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

Kseniia Iusupova, Departamento de Patología Animal, Producción Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, España

Xiomara Lucas Arjona, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Universidad de Murcia, Murcia, España

Victoria Luño Lázaro, Departamento de Patología Animal (Reproducción), Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

Beatriz Macías García, Departamento de Medicina Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Cáceres, España

Clara Malo Ladrero, Instituto de Investigación Sanitaria Aragón - IIS Aragón, Zaragoza, España

Emilio A. Martínez García, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Universidad de Murcia, Murcia, España

Felisa Martínez Asensio, Departamento de Patología Animal (Reproducción), Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

Jordi Miró Roig, Servicio de Reproducción Equina, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra (Cerdanyola del Vallès, Barcelona), España

Cristina Ortega Ferrusola, Unidad Reproducción y Obstetricia, Departamento de Medicina Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Cáceres, España

José Manuel Ortiz Rodríguez, Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Medicina Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Cáceres, España

Inmaculada Parrilla Riera, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Universidad de Murcia, Murcia, España

VI

Ana Peña Martínez, Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela (La Coruña), España

Fernando J. Peña Vega, Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Medicina Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Cáceres, España

Carlos C. Pérez Marín, Unidad de Reproducción Animal, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Universidad de Córdoba, Córdoba, España

Luis Quevedo Sánchez, Unidad de Reproducción Animal, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Universidad de Córdoba, Córdoba, España

Jandavet SL, Medina Sidonia (Cádiz), España

Luis Ángel Quintela Arias, Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela (La Coruña), España

Jordi Ribas-Maynou, Grupo de Biotecnología de la Reproducción Animal y Humana (TechnoSperm), Instituto de Tecnología Agroalimentaria, Universidad de Gerona, Gerona, España

Unidad de Biología Celular, Departamento de Biología, Universidad de Gerona, Gerona, España

Raquel Rodríguez-Trujillo, Departamento de Patología Animal, Producción Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, España

María Jesús Sánchez Calabuig, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

Julián Santiago-Moreno, Departamento de Reproducción Animal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria - Consejo Superior de Investigaciones Científicas (INIA-CSIC), Madrid, España

Consuelo Serres Dalmau, Departamento de Medicina y Cirugía Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

Adolfo Toledano-Díaz, Departamento de Reproducción Animal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria - Consejo Superior de Investigaciones Científicas (INIA-CSIC), Madrid, España

Rubén Francisco Vázquez, Xenética Fontao, Fontao-Esperante, Lugo, España

Tania Verdía Coteló, Embryomarket SL, Betanzos (La Coruña), España

Uxía Yáñez Ramil, Unidad de Reproducción y Obstetricia, Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela (La Coruña), España

Marc Yeste Oliveras, Grupo de Biotecnología de la Reproducción Animal y Humana (TechnoSperm), Instituto de Tecnología Agroalimentaria, Universidad de Gerona, Gerona, España

Unidad de Biología Celular, Departamento de Biología, Universidad de Gerona, Gerona, España

Institución Catalana de Investigación y Estudios Avanzados (ICREA), Barcelona, España

Propiedad de Elsevier
Prohibida su reproducción y venta

Prólogo

- p0010 Es para mí un gran honor realizar el prólogo de *Técnicas reproductivas en las especies animales*.
- p0015 Cuando los editores, el profesor Carlos Pérez Marín de la UCO, la profesora Lydia Gil Huerta de UNIZAR y el profesor Luis Quíntela Arias de la USC, me propusieron llevarlo a cabo, acepte por la amistad, los años de trabajo y la relación, no solo con ellos sino también con la mayoría de los colaboradores que han intervenido de las Universidades Autónoma de Barcelona, Cáceres, Complutense de Madrid, Córdoba, Gerona, Las Palmas de Gran Canaria, León, Murcia, Santiago de Compostela, y Zaragoza, así como del INIA-CSIC y de diferentes instituciones públicas o privadas.
- p0020 Cuando han pasado ya más de 10 años desde mi jubilación como Catedrático, con más de 50 años de profesorado, no esperaba tener que llevar a cabo un cometido tan importante.
- p0025 *Técnicas reproductivas en las especies animales*, publicado por Elsevier, es ya una garantía de prestigio y calidad, que viene avalada por los autores de las diferentes secciones y capítulos. Mis felicitaciones a todos por la magnífica labor realizada.
- p0030 De los 58 colaboradores, más del 46% (27) son doctoras, profesoras o investigadoras en las diferentes universidades o centros de investigación, lo que demuestra la pluralidad y calidad de los distintos equipos.
- p0035 Es mi deseo dejar constancia en este prólogo de la participación de todos los que figuran en el listado de colaboradores, así como de su aportación en cada capítulo. Posiblemente va a ser un prólogo más largo de lo que es habitual, pero que un número tan importante de equipos hayan aunado sus conocimientos para lograr esta publicación es un hito en la *biotecnología de la reproducción*. El esfuerzo de todos los participantes, de gran y reconocido prestigio científico, hace que esté destinado a convertirse en una contribución de referencia a nivel investigador, docente, clínico y de consulta para todos los interesados en los diferentes temas.
- p0040 Podemos considerar, por su importancia e impacto, que el inicio de la tecnología comienza cuando, hace ya más de 10.000 años, el hombre empezó la domesticación y reproducción de las especies salvajes. Es a principios del siglo XX cuando se sitúa la primera generación de biotecnologías de la reproducción que finalizará en 1960 con el control hormonal del ciclo. Desde entonces son al menos 4 o 5 los conjuntos o generaciones de biotecnologías que se han ido desarrollando, con la finalidad de mejorar el control, el manejo y la eficacia reproductiva.
- p0045 El libro está organizado en 8 secciones y 38 capítulos, que brevemente comentaremos a continuación.
- p0050 La sección 1, «Control del ciclo estral: sincronización-inducción del celo y la ovulación», analiza y describe el control en diferentes especies: équidos, ganado vacuno, pequeños rumiantes, y porcino, así como en la perra y gata. Está constituida por 5 capítulos, en los que se abordan sucesivamente el control hormonal del ciclo estral en la yegua (María Cruz Gil Anaya), el control hormonal de la actividad ovárica en bovinos (Pedro García Herradón y Uxía Yáñez Ramil),

las estrategias para el control del ciclo estral en pequeños rumiantes (Noelia González Ortí y Lydia Gil Huerta), el control del ciclo estral de la cerda (Victoria Luño Lázaro y Felisa Martínez Asensio) y la inhibición e inducción del ciclo estral en la perra y la gata (Felisa Martínez Asensio y Victoria Luño Lázaro).

p0055 La sección 2, «Obtención de semen», está distribuida en 6 capítulos que versan sobre la recogida de semen en caballos (Consuelo Serres Dalmau, Luna Gutiérrez-Cepeda, Mónica Domínguez Gimbernat y Francisco Crespo Castejón), los métodos de recogida de semen en el toro (Carlos C. Pérez Marín y Luis Quevedo Sánchez), la recogida de semen en pequeños rumiantes (Carlos C. Pérez Marín, Francisco A. Arrebola Molina y Mariana García Kako Rodríguez), el entrenamiento y procedimientos de recogida de semen en verracos (Victoria Luño Lázaro y Felisa Martínez Asensio), los procedimientos para la recogida de semen en el perro y el gato (Desirée Álamo-Santana, Raquel Rodríguez-Trujillo, Kseniia Iusupova y Miguel Batista-Arteaga), y la obtención de espermatozoides del epidídimo (Lydia Gil Huerta y Noelia González Ortí).

p0060 La sección 3, «Procedimientos de selección y conservación de esperma», consta de 7 capítulos, en los que se abordan temas como la valoración seminal en las distintas especies animales (Jaime Catalán Bahamondes, Jordi Miró Roig y Marc Yeste Oliveras), las técnicas de enriquecimiento y selección de esperma (Clara Malo Ladrero y Noelia González Ortí), la conservación de semen equino refrigerado y congelado (Fernando J. Peña Vega), la criopreservación de semen bovino (Rubén Gómez Martín y Alejandro Fernández Fernández), los protocolos de refrigeración y congelación de semen en pequeños rumiantes (Kseniia Iusupova, Desirée Álamo-Santana, Raquel Rodríguez-Trujillo y Miguel Batista-Arteaga), la conservación de semen de cerdo (Ferran Garriga Bont, Jordi Ribas-Maynou y Marc Yeste Oliveras), y los protocolos para la refrigeración y congelación de semen de perro (Ana Peña Martínez).

p0065 La sección 4, «Inseminación artificial» está integrada por 5 capítulos en los que se describen la inseminación artificial en la yegua (Cristina Ortega Ferrusola), los procedimientos para la inseminación artificial en pequeños rumiantes (Mercedes Álvarez García, Luis Anel-López, Juan Carlos Boixo Pérez-Holanda y Luis Anel Rodríguez), la inseminación artificial en la cerda (Inmaculada Parrilla Riera y Emilio A. Martínez García), la inseminación artificial en ganado bovino (Juan José Becerra González y Uxia Yáñez Ramil), y la inseminación artificial vaginal e intrauterina en la perra (Xiomara Lucas Arjona y Alberto Acosta Urbano).

p0070 La sección 5, «Transferencia de embriones», consta de 4 capítulos en los que se abordan temas como la transferencia de embriones en équidos (Carlos C. Pérez Marín y José Manuel Ortiz Rodríguez), la transferencia de embriones en la vaca (Mónica Barrio López y Francisco Ismael Fernández Sánchez), la transferencia de embriones en la especie porcina (Emilio A. Martínez García y María Antonia Gil Corbalán), y la superovulación y transferencia de embriones en pequeños rumiantes (Desirée Álamo-Santana, Kseniia Iusupova, Raquel Rodríguez-Trujillo y Miguel Batista-Arteaga).

p0075 La sección 6, «Técnicas relacionadas con la producción *in vitro* de embriones» está integrada por 5 capítulos en que se desarrollan la recogida de ovocitos en equinos (Pablo Fernández Hernández, Marcos Luis Calero, Lauro González Fernández, Beatriz Macías García y José Manuel Ortiz Rodríguez), el *ovum pick-up* en vacuno (Rubén Francisco Vázquez y Héctor Areán Dablanca), la producción *in vitro* de embriones bovinos (Tania Verdía Coteló), la producción *in vitro* de embriones porcinos (María Antonia Gil Corbalán y Cristina Cuello Medina), y la inyección intracitoplasmática en equinos (María Jesús Sánchez Calabuig, Raúl Fernández González, Lauro González Fernández y Beatriz Macías García).

p0080 La sección 7 «Criopreservación de embriones» consta de 3 capítulos en que se analizan la criopreservación de embriones en equinos (Mónica Domínguez Gimbernat, María Jesús Sánchez Calabuig, Luna Gutiérrez-Cepeda, Francisco Crespo Castejón y Consuelo Serres Dalmau), la criopreservación de embriones bovinos (Pedro García Herradón), y la conservación de embriones en la especie porcina (Cristina Cuello Medina y Inmaculada Parrilla Riera).

p0085 La sección 8, «Técnicas reproductivas en otras especies animales», consta de 3 capítulos en que se abordan las técnicas reproductivas en otras especies animales: cunicultura (Luis Ángel Quintela Arias y Uxía Yáñez Ramil), camélidos (Clara Malo Ladrero y Carolina Paula Bianchi) y gallinas (Julián Santiago-Moreno, Cristina Castaño García y Adolfo Toledano-Díaz).

p0090 Como resumen, respecto de las *biotecnologías reproductivas*, pueden destacarse los siguientes puntos:

u0010 - La *maduración ovocitaria in vitro* (MIV) constituye una etapa decisiva en el proceso de la producción *in vitro* de embriones y en la *obtención y selección de ovocitos*.

u0015 - La *fecundación in vitro* (FIV) es clave para acceder al progreso genético del animal y de la especie. La *transferencia de embriones* (TE) permite intensificar la selección animal desde la hembra. En la *congelación de embriones*, las modificaciones físicas de las células y el grado de cristalización intracelular son el aspecto crítico.

u0020 - La *inyección intracitoplasmática de espermatozoides* (ICSI) consiste en la introducción directa de un espermatozoide en el ovocito. La *criopreservación de ovocitos y embriones* de mamíferos se ha convertido hoy en día en parte integral de la reproducción asistida. Otras técnicas de importancia son la *vitrificación* y el OPU (ovum pick up).

u0025 - El *diagnóstico genético preimplantatorio* (DPI) representa un progreso en la prevención precoz de enfermedades genéticas graves. El *sexaje de embriones* permite aumentar el porcentaje de descendientes de una hembra para ese sexo.

u0030 - Las *cadena biotecnológicas*, como la *clonación*, utilizan el control del ciclo, la *capacitación in vitro*, la *maduración ovocitaria in vitro*, el diagnóstico preimplantatorio, la *congelación de embriones*, la *transferencia embrionaria*, etc.; algo similar ocurre con la *transgénesis*, que permite crear un individuo que ha recibido ADN diferente al de su patrimonio genético.

u0035 Aunque no se recoge en esta obra, quiero comentar que alguna de las *biotecnologías reproductivas en acuicultura industrial*, como el *control del sexo*, que logra hembras masculinizadas (productoras de semen monosexo) y la *triploidización*, que produce hembras estériles (XXX), son biotecnologías que podrían lograrse en otras especies.

p0125 Finalmente, proponer a los editores y al equipo de autores que continúen con el objetivo de una próxima edición, sobre la *inteligencia artificial y la biotecnología de la reproducción*.

p0130

Excmo. Prof. Dr. D. Emilio Espinosa Velázquez

p0135

Catedrático Jubilado de la Universidad de Zaragoza

p0140

Presidente de Honor de la Asociación Española de Reproducción Animal

p0145

Académico de Número de la Real Academia de Doctores de España

Propiedad de Elsevier
Prohibida su reproducción y venta

Prefacio

p0010

Hace años se comenzó a fraguar la idea de escribir un libro sobre reproducción animal contando con la participación de destacados profesores e investigadores españoles en este campo, y con el objetivo de recopilar el conocimiento existente en esta área de las ciencias veterinarias. Sin embargo, por diferentes circunstancias, no se pudo hacer realidad. Pero hoy, gracias a la colaboración y al esfuerzo de todos los autores que han participado amablemente en esta obra, ve la luz *Técnicas reproductivas en las especies animales*, dentro de la colección *Manuales clínicos de Veterinaria*. Una de las premisas a la hora de confeccionar este manual ha sido aprovechar la experiencia y formación de profesores especialistas en reproducción animal que ejercen su docencia en el sistema universitario, con el deseo de que todas nuestras universidades públicas pudieran estar representadas. Pero, a la vez, no queríamos olvidar otros centros de investigación y desarrollo, tanto públicos como privados, que se encuentran a la vanguardia en determinadas tecnologías reproductivas y que también se han brindado a colaborar en este proyecto.

p0015

Las técnicas reproductivas en animales domésticos despiertan gran interés, ya sea en animales de abasto o en animales de compañía, y suponen un importante peldaño que hay que escalar para conseguir mejores producciones, mayor progreso a partir de individuos selectos o conservación *sine die* del material genético, lo que ofrece nuevas oportunidades para su diseminación. Y además se postulan como herramientas que estarán al servicio de la ciencia para conseguir individuos más eficientes desde un punto de vista productivo y medioambiental, más adaptados a hábitats específicos y con una huella de carbono más reducida.

p0020

Este manual pretende ser un libro práctico de consulta tanto para estudiantes como profesionales, con contenidos estructurados de manera que su lectura sea cómoda, pero sin perder un ápice de rigor científico o técnico. La obra se ha dividido en ocho secciones que tratan las técnicas reproductivas en las diferentes especies domésticas, atendiendo a bloques temáticos como son el control del ciclo estral, los procedimientos de obtención de semen, la selección y conservación de esperma, la inseminación artificial, la transferencia de embriones, las técnicas relacionadas con la producción *in vitro* de embriones, la criopreservación embrionaria y, por último, una sección dedicada a aspectos reproductivos de interés en cunicultura, camélidos y gallinas. El manuscrito está enriquecido con imágenes y gráficos aportados por los autores, que amenizan su lectura y comprensión.

p0025

En la concepción de este manual siempre estuvo presente la necesidad de que cada capítulo estuviera elaborado por autores que desarrollan su actividad profesional, docente o investigadora en ese campo específico, a fin de que aportaran su visión especializada y actualizada de cada tema tratado. Y así ha sido. Solo nos queda agradecer una vez más a todos los autores su dedicación a esta obra y, a partir de aquí, esperamos que los lectores aprecien esta recopilación de conocimientos que, a buen seguro, resultará de gran utilidad. Deseamos que la calidad de esta obra, junto al esfuerzo e ilusión que se ha desplegado para hacerla realidad, la conviertan en un libro de referencia en el campo de la reproducción animal.

Los editores

Propiedad de Elsevier
Prohibida su reproducción y venta

Índice de capítulos

Colaboradores
Prólogo
Prefacio

V
IX
XIII

CAPÍTULO 7
Métodos de recogida de semen en el toro 46
Carlos C. Pérez Marín y Luis Quevedo Sánchez

Sección 1 Control del ciclo estral: sincronización-inducción del celo y la ovulación

CAPÍTULO 8
Recogida de semen en pequeños rumiantes 53
Carlos C. Pérez Marín, Francisco A. Arebola Molina y Mariana García Kako Rodríguez

CAPÍTULO 1
Control hormonal del ciclo estral en la yegua 2
María Cruz Gil Anaya

CAPÍTULO 9
Entrenamiento y procedimientos de recogida de semen en verracos 59
Victoria Luño Lázaro y Felisa Martínez Asensio

CAPÍTULO 2
Control hormonal de la actividad ovárica en bovinos 8
Pedro García Herradón y Uxía Yáñez Ramil

CAPÍTULO 10
Procedimientos para la recogida de semen en el perro y el gato 65
Desirée Álamo-Santana, Raquel Rodríguez-Trujillo, Kseniia Iusupova y Miguel Batista-Arteaga

CAPÍTULO 3
Estrategias para el control del ciclo estral en pequeños rumiantes 15
Noelia González Ortí y Lydia Gil Huerta

CAPÍTULO 11
Obtención de espermatozoides del epidídimo 72
Lydia Gil Huerta y Noelia González Ortí

CAPÍTULO 4
Control del ciclo estral de la cerda 23
Victoria Luño Lázaro y Felisa Martínez Asensio

Sección 3 Procedimientos de selección y conservación de espermatozoides

CAPÍTULO 5
Inhibición e inducción del ciclo estral en la perra y la gata 28
Felisa Martínez Asensio y Victoria Luño Lázaro

CAPÍTULO 12
Valoración seminal en las distintas especies animales 82
Jaime Catalán Bahamondes, Jordi Miró Roig y Marc Yeste Oliveras

Sección 2 Obtención de semen

CAPÍTULO 6
Recogida de semen en caballos 38
Consuelo Serres Dalmau, Luna Gutiérrez-Cepeda, Mónica Domínguez Gimbernat y Francisco Crespo Castejón

XV

Índice de capítulos

CAPÍTULO 13 Técnicas de enriquecimiento y selección de esperma 91 <i>Clara Malo Ladrero y Noelia González Ortí</i>	CAPÍTULO 22 Inseminación artificial en ganado bovino 165 <i>Juan José Becerra González y Uxía Yáñez Ramil</i>
CAPÍTULO 14 Conservación de semen equino refrigerado y congelado 98 <i>Fernando J. Peña Vega</i>	CAPÍTULO 23 Inseminación artificial vaginal e intrauterina en la perra 171 <i>Xiomara Lucas Arjona y Alberto Acosta Urbano</i>
CAPÍTULO 15 Criopreservación de semen bovino 105 <i>Rubén Gómez Martín y Alejandro Fernández Fernández</i>	Sección 5 Transferencia de embriones
CAPÍTULO 16 Protocolos de refrigeración y congelación de semen en pequeños rumiantes 114 <i>Kseniia Iusupova, Desirée Álamo-Santana, Raquel Rodríguez-Trujillo y Miguel Batista-Arteaga</i>	CAPÍTULO 24 Transferencia de embriones en équidos 180 <i>Carlos C. Pérez Marín y José Manuel Ortiz Rodríguez</i>
CAPÍTULO 17 Conservación de semen de cerdo 132 <i>Ferran Garriga Font, Jordi Ribas-Maynou y Marc Yeste Oliveras</i>	CAPÍTULO 25 Transferencia de embriones en la vaca 189 <i>Mónica Barrio López y Francisco Ismael Fernández Sánchez</i>
CAPÍTULO 18 Protocolos para la refrigeración y congelación de semen de perro 133 <i>Ana Peña Martínez</i>	CAPÍTULO 26 Transferencia de embriones en la especie porcina 198 <i>Emilio A. Martínez García y María Antonia Gil Corbalán</i>
Sección 4 Inseminación artificial	CAPÍTULO 27 Superovulación y transferencia de embriones en pequeños rumiantes 205 <i>Desirée Álamo-Santana, Kseniia Iusupova, Raquel Rodríguez-Trujillo y Miguel Batista-Arteaga</i>
CAPÍTULO 19 Inseminación artificial en la yegua 142 <i>Cristina Ortega Ferrusola</i>	Sección 6 Técnicas relacionadas con la producción <i>in vitro</i> de embriones
CAPÍTULO 20 Procedimientos para la inseminación artificial en pequeños rumiantes 152 <i>Mercedes Álvarez García, Luis Anel-López, Juan Carlos Boixo Pérez-Holanda y Luis Anel Rodríguez</i>	CAPÍTULO 28 Recogida de ovocitos en equinos 216 <i>Pablo Fernández Hernández, Marcos Luis Calero, Lauro González Fernández, Beatriz Macías García y José Manuel Ortiz Rodríguez</i>
CAPÍTULO 21 Inseminación artificial en la cerda 159 <i>Inmaculada Parrilla Riera y Emilio A. Martínez García</i>	

CAPÍTULO 29**Ovum pick-up en vacuno** 223
*Rubén Francisco Vázquez y Héctor Areán Dablanca***CAPÍTULO 30****Producción *in vitro* de embriones bovinos** 231
*Tania Verdía Coteló***CAPÍTULO 31****Producción *in vitro* de embriones porcinos** 235
*María Antonia Gil Corbalán y Cristina Cuello Medina***CAPÍTULO 32****Inyección intracitoplasmática en equinos** 241
*María Jesús Sánchez Calabuig, Raúl Fernández González, Lauro González Fernández y Beatriz Macías García***Sección 7
Criopreservación de embriones****CAPÍTULO 33****Criopreservación de embriones en equinos** 250
*Mónica Domínguez Gimbernat, María Jesús Sánchez Calabuig, Luna Gutiérrez-Cepeda, Francisco Crespo Castejón y Consuelo Serres Dalmau***CAPÍTULO 34****Criopreservación de embriones bovinos** 258
*Pedro García Herradón***CAPÍTULO 35****Conservación de embriones en la especie porcina** 266
*Cristina Cuello Medina e Inmaculada Parrilla Riera***Sección 8
Técnicas reproductivas en otras especies animales****CAPÍTULO 36****Manejo reproductivo en cunicultura** 274
*Luis Ángel Quintela Arias y Uxía Yáñez Ramil***CAPÍTULO 37****Técnicas reproductivas en camélidos** 282
*Clara Malo Ladrero y Carolina Paula Bianchi***CAPÍTULO 38****Inseminación artificial en gallinas** 289
*Julián Santiago-Moreno, Cristina Castaño García y Adolfo Toledano-Díaz***Índice alfabético** 299

Propiedad de Elsevier
Prohibida su reproducción y venta

Control hormonal del ciclo estral en la yegua

María Cruz Gil Anaya

Introducción

Los tratamientos hormonales en la yegua en el área reproductiva son ampliamente utilizados por los profesionales veterinarios para diversas indicaciones; es el caso del control reproductivo, que implica, por ejemplo, inducir y controlar el inicio de la temporada reproductiva, programar apareamientos naturales o por inseminación artificial mediante la inducción del estro y la ovulación, suprimir el comportamiento asociado al estro o aplicar técnicas de reproducción asistida. Estas herramientas hormonales maximizan en última instancia la eficiencia reproductiva de la yegua. Se describen a continuación las aplicaciones clínicas de la terapia hormonal para el control del ciclo estral en la yegua.

Inducción de la ovulación

El uso de inductores de la ovulación es una práctica común en reproducción equina, dada la dificultad para predecir el momento de ovulación en la yegua y, por tanto, la elección del mejor momento para cubrir o inseminar, sobre todo cuando el semen utilizado tiene corta vida media. Entre otros beneficios, facilita el uso de protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo, permite disminuir el número de servicios y exámenes reproductivos por ciclo estral, disminuye el intervalo desde el servicio a la ovulación y sirve para controlar el momento del servicio en función de la disponibilidad de semen, del semental o de personal. Sin embargo, su uso no debe ir asociado a subsecuentes retrasos en el retorno al estro.

Se utilizan gonadotropina coriónica humana (hCG) y agonistas de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) (deslorelina, busarelina, histrelina, gonadorelina), que se administran cuando la yegua está en estro, con edema endometrial con un grado mínimo de 3 sobre 5, y presenta un folículo de al menos 35 mm de diámetro.

La hCG tiene una actividad similar a la de la hormona luteinizante (LH). Hay variabilidad en el momento de inducción de la ovulación. Esta ocurre aproximadamente a las 36-42 h de su administración a yeguas cíclicas en estro, si bien puede retrasarse hasta las 48 h. Se utilizan dosis de 1.500-3.000 UI por vía intramuscular (IM) o intravenosa (IV), en función de la estacionalidad. Una dosis común es 2.500 UI en dosis única IV. Después de tratamientos repetidos en la estación reproductiva, algunos animales desarrollan anticuerpos, que reducen significativamente la eficacia del tratamiento. Es menos eficaz en yeguas de edad avanzada que en jóvenes o de mediana edad. El tratamiento de inducción de la ovulación no es efectivo en folículos atrésicos. En folículos próximos a ovular, la inducción no adelanta el momento de la ovulación.

Los agonistas de la GnRH inducen la liberación de LH y, al tener un menor peso molecular, no inducen el desarrollo de anticuerpos, por lo que su eficacia no se reduce con la administración repetida. La ovulación se produce en el 90-95% de las yeguas dentro de las 48 h de la administración. La deslorelina provoca la ovulación aproximadamente 40-44 h tras su administración. En algunos países, no en España en la actualidad, se comercializa como implante subcutáneo o formulación inyectable de liberación sostenida. Diversos estudios informan de mayores tasas de ovulación

con deslorelina que con hCG. El tratamiento con el implante subcutáneo se ha asociado a reacciones en el punto de inoculación y a un retraso en el retorno al estro, y subsecuentemente a un incremento del intervalo interovulatorio de al menos 5 días. Parece deberse a una regulación a la baja temporal de la función de la pituitaria secundaria a la liberación prolongada de deslorelina por el implante. Por ello, se recomienda colocar el implante en la vulva, de modo que sea eliminado fácilmente 48 h tras la ovulación. Las formulaciones inyectables no incrementan el intervalo interovulatorio ni parecen generar reacciones en el punto de inoculación.

En la mayoría de los países europeos, incluido España, se dispone de buserelina con licencia para uso en caballos. Se han utilizado diversos regímenes de dosificación. La dosis recomendada por el fabricante es de 40 µg por animal en dosis única, IM, IV o subcutánea (SC), si bien se han utilizado dosis mayores (0,5-6 mg). La histrelina (no disponible comercialmente en España) se ha usado a dosis de 0,5-1 mg, IM, siendo 40 h el intervalo medio hasta la ovulación.

Inducción y sincronización de celos

Los programas de transferencia de embriones requieren la sincronización del celo de la donante y de la receptora de embriones. Es una de las aplicaciones más comunes de los protocolos de sincronización de celos. Otras aplicaciones son la sincronización de un grupo de yeguas que van a ser cubiertas cuando hay limitada disponibilidad de machos o si se va a usar semen refrigerado o congelado, situación en que el número de dosis es un factor limitante.

Finalización de la fase lútea

Se utilizan prostaglandina F₂ alfa (PGF₂α) natural (como dinoprost trometamina, 5 mg, IM, dosis única) o análogos sintéticos (como cloprostenol sódico, 200-250 µg, IM, dosis única, o D-cloprostenol, 22,5-37,5 µg, IM, dosis única). Se requiere la presencia de un cuerpo lúteo activo sensible a la prostaglandina (a partir del quinto día postovulación). Los efectos secundarios, como sudoración,

incremento de las frecuencias cardíaca y respiratoria, dolor de tipo cólico, incoordinación motriz o postración, son dependientes de la dosis y suelen desaparecer en 1 h tras la administración.

El intervalo desde la administración hasta el momento de la ovulación puede variar entre 2 y 15 días, y va a depender del tamaño del mayor folículo presente en el momento del tratamiento. Así, con la presencia de folículos pequeños (<15 mm) se necesitará más tiempo hasta obtener un folículo dominante que ovule, en comparación con folículos de mayor tamaño. Las yeguas con un gran folículo (≥35 mm) pueden ovular en 24-48 h sin mostrar celo o edema uterino en cantidad significativa. Normalmente, estas ovulaciones no son fértiles. Si este gran folículo está en vías de atresia, entonces ha de iniciarse una nueva oleada de desarrollo folicular, con el desarrollo de un nuevo folículo dominante que ovule, alargándose el tiempo hasta la ovulación incluso 10 días. En una situación intermedia se encuentra la yegua con un folículo dominante (≥35 mm) que continúa creciendo; la yegua muestra celo y ovula en 3-6 días postratamiento.

Uno de los protocolos más básicos para la sincronización de los celos en un grupo de yeguas consiste en inyectar PGF₂α y repetir el tratamiento unas 2 semanas después de la primera administración. Dada la larga variación en el momento de la ovulación tras su administración, no resulta útil su empleo como fármaco único para la sincronización en yeguas. El uso de la exploración ecográfica y la administración del compuesto según el tamaño folicular pueden mejorar la sincronización.

Fase lútea «artificial» o alargamiento de la fase lútea

Se utilizan progesterona o progestágenos sintéticos (como altrenogest), solos o en combinación con 17-beta estradiol (17-β estradiol) (no comercializado en España). La fase se alarga hasta que cesa el tratamiento. No prolonga la vida media del cuerpo lúteo ni suprime la luteólisis. La progesterona tiene un potente efecto inhibitorio en la liberación de LH y el estradiol, sobre la hormona estimulante del folículo (FSH), suprimiendo el desarrollo folicular.

El tratamiento solo con progesterona/progestágenos no evita la ovulación si se comienza durante el estro, si bien estas ovulaciones ocu-

rran en ausencia de comportamiento de estro. Normalmente se combina con un tratamiento inductor de la ovulación. Es necesario un tiempo de tratamiento mínimo de 8 días si se desconoce el estado reproductivo de la yegua. El último día del tratamiento se administra PGF2 α , pues la mayoría de las yeguas tendrán un cuerpo lúteo funcional. Es conveniente evaluar el tamaño folicular el día de la administración de la prostaglandina para determinar cuánto tardará en mostrar estro.

La mayoría de las yeguas muestran estro unos 3 días después del cese del tratamiento, si bien hay una gran variabilidad, con un rango de 1 a 7 días. El estradiol se utiliza en combinación con progesterona para mejorar la sincronización de la ovulación, inhibiendo en mayor medida el desarrollo folicular.

Se han utilizado varios compuestos, en presentaciones oral, inyectable (progesterona de corta y larga duración, progesterona combinada con estradiol), implantes subcutáneos y dispositivos intravaginales, pero no todos están licenciados para su uso en yeguas en todos los países. Muy usado es el altrenogest (2,2 mg/ml, 0,044 mg/kg, por vía oral [VO], cada 24 h, durante 10 días). Este producto no se comercializa actualmente en España para uso en equinos, pero sí está disponible para uso en ganado porcino (4 mg/ml). Al día 10 se administra PGF2 α para lisar un cuerpo lúteo que pueda estar presente.

Se han utilizado fuera de indicación (*off label*) dispositivos intravaginales con o sin estradiol licenciados para ganado vacuno, con resultados similares a los de la administración de progesterona o altrenogest; no se recomiendan en yeguas subfértiles. Se ha informado de leves vaginitis con el uso de estos dispositivos, pero sin repercusión en la fertilidad posterior.

Inducción de la ovulación

Véase apartado anterior.

Ablación folicular (método no hormonal)

Mediante punción guiada por ecografía transvaginal o a través del flanco, normalmente bajo sedación. Es un método aún no muy evaluado. Trata de reiniciar la oleada folicular. Va seguido de la administración de PGF2 α 5 días después de la ablación.

Supresión del celo en la yegua

En algunas yeguas se asocian los cambios comportamentales durante el estro a un menor rendimiento deportivo o dificultad para realizar actividades ecuestres, bien de forma persistente o a intervalos regulares o irregulares. Por ello, se demandan métodos que supriman el estro, que a continuación se exponen.

Simular un estado de diestro

El fármaco más utilizado es el progestágeno altrenogest, muy eficaz en administración diaria a dosis de 0,044 mg/kg VO. Durante el tiempo en que se administra genera una fase lútea artificial, suprimiendo el estro en 2-3 días, y el retorno al estro ocurre dentro de 5 días desde la finalización del tratamiento. La duración del tratamiento debe adaptarse a las necesidades de manejo individual. Son inconvenientes de su uso la administración diaria a largo plazo y el potencial riesgo de contaminación cruzada a otras yeguas y al personal que administra el producto.

La administración IM diaria de progesterona natural en solución oleosa o de altrenogest, también en preparaciones de acción prolongada, ha demostrado ser eficaz para este propósito, pero tiene el inconveniente de una posible reacción local en el punto de inyección y de su administración diaria, y además no están disponibles comercialmente en muchos países. Se ha descrito de forma anecdótica el uso por diversas vías de otros progestágenos comercializados para otras especies (*off-label*), como implantes de progesterona y estradiol, y compuestos como el acetato de medroxiprogesterona, el caproato de hidroxiprogesterona, el norgestomet, el acetato de melengestrol y el acetato de delmadinona. Los estudios experimentales con algunos de estos compuestos han obtenido efectos clínicos limitados o nulos. No están recomendados si existe inflamación uterina.

Prolongación de la fase lútea natural

Tratamiento con oxitocina

Previene la luteólisis endógena, continuando así la producción de progesterona por el cuerpo lúteo. En un estudio, la administración IM de una dosis

diaria de 60 UI de oxitocina los días 7 a 14 tras la ovulación inhibió la luteólisis en un 60-70% de las yeguas tratadas. Es necesario conocer, pues, el día de la ovulación.

Dispositivos intrauterinos

Se han utilizado bolas de distinto material (de cristal de 35 mm, de cobre, de plata, de plástico llenas de agua) en localización intrauterina para la supresión del estro en la yegua, prolongando la fase lútea durante más de 2 meses. El mecanismo de supresión de la luteólisis es hasta ahora desconocido, aunque se asocia a un efecto mecánico. Su eficacia es muy variable y además se ha informado de varias complicaciones asociadas al uso de bolas de vidrio, como fragmentación y dificultad de eliminación, así como endometritis crónica, sobre todo si se retienen largo tiempo. Una alternativa reciente es el dispositivo intrauterino iUPOD®, magnético, autoensamblable de tres partes, de material inerte inastillable, con alta tasa de retención, adaptación a la cavidad uterina, fácil inserción, fácil detección mediante un detector de metales externo y fácil eliminación. Con este dispositivo, la fase lútea se extendió, en el 85,7% de las yeguas, una media de $74,1 \pm 11,1$ días.

Supresión de la actividad ovárica

Supresión de la GnRH

Los implantes subcutáneos de deslorelina provocan en yeguas cíclicas, de forma transitoria, una regulación a la baja de los receptores hipofisarios de la GnRH, con la subsecuente supresión de la liberación de gonadotropinas, inhibición de la ovulación y comportamiento estral, con variabilidad de respuesta entre yeguas. Múltiples implantes prolongan durante más tiempo la fase lútea que una única administración. Este implante fue autorizado en España en 2008, pero en la actualidad no se comercializa.

Inducción de anticuerpos anti-GnRH

Se trata de inmunizar a las yeguas contra la GnRH, lo que resulta en una supresión reversible de la función ovárica. A diferencia de otros países, como Australia, en España no existe ninguna vacuna comercializada para equinos, pero la disponible para ganado porcino se ha utilizado en yeguas para la supresión del celo (*off-label*). La ciclicidad

reproductiva es suprimida con éxito, pero su reanudación ocurre en un plazo muy variable, a veces excesivamente largo, y puede presentarse comportamiento de estro pese a la supresión ovárica.

Ovariectomía

Es un método permanente de supresión de la actividad ovárica. Sin embargo, es posible que la yegua pueda seguir manifestando comportamiento estral tras la cirugía, y entonces, si el problema de comportamiento o rendimiento está verdaderamente relacionado con el estro, la cirugía no resolverá el problema, por lo que sería más adecuado ensayar previamente otros métodos de inducción de anestro antes de decidir una ovariectomía. La técnica laparoscópica reduce los riesgos asociados a la intervención quirúrgica.

Manejo del anestro estacional mediante fotoperiodo artificial

El incremento de las horas de luz de forma artificial (fotoperiodo artificial) se utiliza para inducir un adelanto de la ciclicidad en yeguas en anestro. Un protocolo común es proporcionar progresivamente 15-16 h de luz seguidas de 8-9 h de oscuridad, encendiendo las luces al final del día durante unas horas. Otra opción es proporcionar un corto periodo de luz (1 a 2 h) durante la noche (normalmente 8 o 9 h después del inicio del atardecer) para que se interrumpa la influencia de la melatonina. Aparentemente hay una parte del día «sensible a la luz» que interrumpe la fase oscura. Utilizar la luz artificial solo durante esta fase más corta y sensible a la luz parece tan eficaz como 16 h. Se debe asegurar un mínimo de intensidad lumínica (unos 100 lux), con una potencia de unos 100-200 vatios, y comenzar el tratamiento 8-10 semanas antes de la temporada de cría deseada. Se recomienda comenzar a finales de otoño.

Se han desarrollado máscaras (Equilume Light Mask) adaptadas a la cabeza que proporcionan luz azul de corta longitud de onda dirigida hacia uno de los ojos, para imitar los efectos de la luz del día en el caballo. La luz se activa automáticamente y dispone de un temporizador automático. Los animales pueden permanecer en el exterior durante los meses de invierno.

Tratamientos hormonales para el manejo del anestro estacional/transicional

GnRH y análogos sintéticos

Se han obtenido resultados variables para inducir la actividad folicular y la ovulación en yeguas en anestro/transición de primavera. Se han utilizado implantes subcutáneos de lenta liberación, en infusión o varias inyecciones IM diarias a dosis bajas. Provocan un incremento de la síntesis y de la liberación de FSH y LH, lo que induce el desarrollo folicular y la ovulación, respectivamente. El éxito del tratamiento parece depender de la profundidad del anestro, siendo menos eficaz si este es profundo (folículos <20 mm de diámetro). Cuanto más avanzada esté la yegua en la transición, más probable será que el tratamiento resulte eficaz. Se recomienda usar hCG para inducir finalmente la ovulación del folículo obtenido con el tratamiento con GnRH.

No existe aún un protocolo establecido, pero el incremento de la dosis o de la frecuencia del tratamiento, o de ambas (lo que es un inconveniente desde el punto de vista práctico), se ha relacionado con un mayor desarrollo folicular, un mayor porcentaje de yeguas que ovulan y un mayor número de ovulaciones (tabla 1.1).

FSH

La administración de FSH equina purificada (eFSH) y de FSH equina recombinante (reFSH) resulta eficaz para estimular el desarrollo folicular en yeguas en anestro y adelantar la primera ovulación del año en yeguas en transición de primavera. Así, por ejemplo, a yeguas al inicio del periodo de transición de primavera con un folículo de 20-25 mm de diámetro se les administraron dos inyecciones diarias de eFSH (12,5 mg IM) hasta que el folículo alcanzó un tamaño de 35 mm, y 36 h después se les administró hCG para inducir la ovulación.

También se ha combinado el uso de reFSH y LH recombinante. La administración de ambos compuestos en yeguas en anestro profundo indujo ovulaciones fértiles dentro de los 10 días postratamiento, con una tasa de concepción del 80%.

El inconveniente es que no hay preparados comerciales disponibles, y los dirigidos a otras especies no funcionan en la yegua (v. tabla 1.1).

Progesterona y progestágenos

Gran parte de los estudios indican que, en las yeguas en anestro profundo, estos compuestos no funcionan. Se suelen emplear en yeguas en transición tardía, para regular y sincronizar el retorno al estro y la ovulación, ayudando a establecer ciclos estrales normales más temprano. Durante

Tabla 1.1. Fármacos, dosis, vía y frecuencia de administración para el manejo del anestro estacional/transicional en la yegua

Principio activo	Dosis	Vía	Frecuencia
Buserelina	10-50 µg	IM, SC	Cada 12 h
Deslorelina	50-100 µg	IM	Cada 12 h
Histrelina	50 µg	IM	Cada 12 h
FSH equina	12,5 mg	IM	Cada 12 h
FSH equina recombinante	0,65 mg	IM	Cada 12 h
Altrenogest	0,044 mg/kg	VO	Cada 24 h
Progesterona (P ₄) + estradiol (E ₂)	150 mg P ₄ + 10 mg E ₂	IM	Cada 24 h
Sulpirida	0,5-1,0 mg/kg	IM	Cada 12-24 h
Domperidona	1 mg/kg	VO	Cada 24 h

FSH, hormona estimulante del folículo; IM, intramuscular; IV, intravenosa; SC, subcutánea; VO, vía oral.

el tiempo en que están actuando, suprimen el celo. Normalmente estos tratamientos se asocian a fármacos inductores de la ovulación. Las yeguas en transición tardía con presencia de folículos de al menos 35 mm responden a estos fármacos, que además acortan la duración del estro. Estos folículos podrían regresar en ausencia de dicho tratamiento, con la posibilidad de iniciarse una nueva onda de desarrollo folicular que, en última instancia, alargaría el periodo de transición.

Se han evaluado el altrenogest solo o en combinación con 17-β estradiol, el altrenogest en solución de liberación prolongada, la progesterona inyectable sola o combinada con estradiol, y dispositivos intravaginales de progesterona. No todas las formulaciones están disponibles en todos los países. El altrenogest se administra diariamente durante 10-20 días, suprimiendo el crecimiento folicular. A mayor tamaño folicular al inicio del tratamiento, más corto es el estro postratamiento y más favorable la respuesta al tratamiento. Por ello, se recomienda evaluar el tamaño folicular y seleccionar aquellas yeguas con folículos de más de 20 mm de diámetro. Otro protocolo utiliza la combinación de progesterona inyectable más 17-β estradiol, una vez al día, durante 10 días, seguida de una dosis de PGF2α el último día del tratamiento. Los dispositivos intravaginales también han demostrado ser eficaces en yeguas en transición tardía; en este caso, el tratamiento se ha asociado a crecimiento folicular. Por otro lado, también se ha utilizado el fotoperiodo artificial seguido de altrenogest para ayudar al establecimiento de ciclos estrales normales tempranamente en el año (v. tabla 1.1).

Antagonistas de la dopamina

La estimulación de la secreción endógena de prolactina con el uso de estos antagonistas estimula el crecimiento folicular ovárico y la ovulación.

Los dos antagonistas más utilizados son la domperidona y la sulpirida, cuya respuesta se ve aumentada con pretratamiento con estradiol. El tiempo hasta la primera ovulación desde el inicio del tratamiento es muy variable, citándose adelantados de la primera ovulación de hasta 1 mes.

Factores como la condición corporal, la nutrición, el fotoperiodo y la temperatura ambiental también influyen en la respuesta al tratamiento. No hay aún protocolos establecidos. Los antagonistas se han administrado diariamente, por ejemplo, hasta que se produce la ovulación. El comienzo del tratamiento en yeguas en la mitad o el final del periodo de transición probablemente requerirá menos tiempo que si se empieza en anestro profundo.

El tratamiento con estos antagonistas puede combinarse con un fotoperiodo artificial para reducir el tiempo de exposición al fotoperiodo artificial y acortar el periodo de transición de primavera.

Parecen responder mejor las yeguas en anestro transicional que las que se encuentran en anestro profundo, y las estabuladas sometidas a fotoperiodo artificial (v. tabla 1.1).

Bibliografía recomendada

- Aurich C, Kaps M. Suppression of reproductive behaviour and gonadal function in female horses — an update. *Reprod Domest Anim* 2022;57(Suppl 4):4-12.
- Coffman EA, Pinto CR. A review on the use of prostaglandin F2α for controlling the estrous cycle in mares. *J Equine Vet Sci* 2016;40:34-40.
- Dascanio D, McCue P. *Equine reproductive procedures*. 2nd ed. Hoboken: Wiley Blackwell; 2021.
- McCue P, Ferris R. Formulary and protocols in equine reproduction. Colorado State University; 2016. [fecha de última consulta: 14 de octubre de 2022]. Disponible en: https://equinerepro.colostate.edu/formulary/301910_V2-A_10-16-2014_129.pdf.
- McCue PM, Logan NL, Magee C. Management of the transition period: physiology and artificial photoperiod. *Equine Vet Educ* 2007;19:146-50.
- McKinnon A, Squires E, Vaala W, Varner D. *Equine reproduction*. 2nd ed. Oxford: Wiley Blackwell; 2011.
- Nie GJ, Johnson KE, Braden TD, Wenzel JGW. Use of an intra-uterine glass ball protocol to extend luteal function in mares. *J Equine Vet Sci* 2003;23:266-73.
- Oberhaus, EL, Paccamonti, D. Review of management of anestrus and transitional mares. AAEP Proceedings, 59; 2013. [fecha de última consulta: 14 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://aaep.org/sites/default/files/issues/ReproOberhaus.pdf>.
- Rabtree JR. A review of oestrus suppression techniques in mares. *Equine Vet Educ* 2022;34:141-51.
- Vanderwall DK. Is it time to retire the use of intrauterine glass balls for estrus suppression in mares? *J Am Vet Med Assoc* 2015;247:346-7.