A photograph of a cow's head and neck, oriented upside down. The cow has white fur with dark patches. Overlaid on the image is a blue ball-and-stick molecular model, likely representing a protein or DNA structure. The background is a bright, slightly cloudy sky.

Reproducción en vacas productoras de leche y de carne

Dr. Adrian Guzmán Sánchez

Ilustración: Claudia Liliana López López

En mi quehacer como investigador en la UAM-X, junto con el equipo de trabajo del laboratorio de Bioquímica de la Reproducción, estudiamos algunos aspectos de ciencia básica y ciencia aplicada a través de dos líneas de investigación. En cuanto a la investigación básica, nos enfocamos en conocer con mayor detalle los mecanismos que controlan el desarrollo folicular y el cuerpo lúteo. Respecto a la ciencia aplicada, la investigación se enfoca en los problemas reproductivos que tienen las vacas productoras de leche y carne, así como en el desarrollo e implementación de estrategias para contribuir a la resolución de estos problemas.

DESARROLLO FOLICULAR

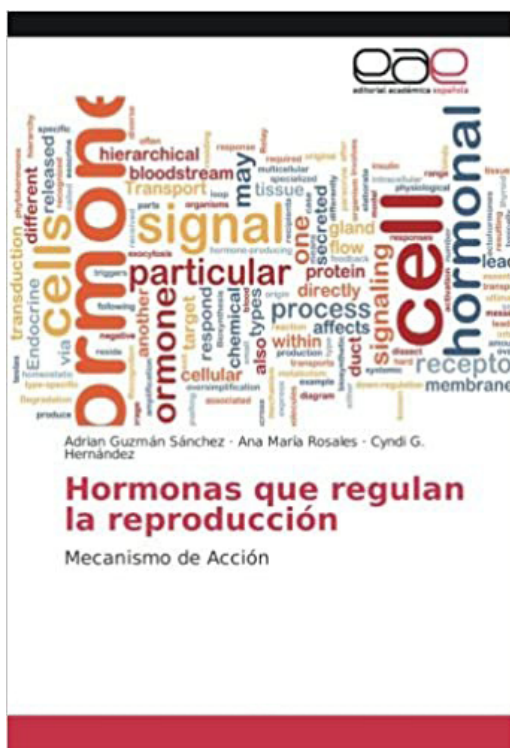
La vida reproductiva de las vacas, y la de casi todas las hembras de mamíferos, está marcada desde el desa-

1. ADRIAN GUZMÁN SÁNCHEZ ES LICENCIADO EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA POR LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, UNIDAD XOCHIMILCO; MAESTRÍA Y DOCTORADO EN LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO UNAM; PROFESOR INVESTIGADOR ADSCRITO AL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL, DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD.



DR. ADRIAN GUZMÁN SÁNCHEZ
FOTO MARTHA ELENA GONZÁLEZ JIMÉNEZ

rollo fetal, ya que durante esta etapa se desarrollan las células germinales —ovocitos— con las que contará durante toda su vida reproductiva. Al nacimiento, los ovocitos se encuentran contenidos en la unidad estructural y funcional del ovario: el folículo. Los folículos se encargan no solo del desarrollo y maduración de los ovocitos, sino que producen factores tróficos que regulan los cambios funcionales y anatómicos del tracto reproductor, así como los cambios conductuales del animal a lo largo del ciclo estral. Estos procesos están



HORMONAS QUE REGULAN LA REPRODUCCIÓN
ILUSTRACIÓN: DR. ADRIAN GUZMÁN SÁNCHEZ

mediados por la compleja interacción del hipotálamo-hipófisis-ovarios a partir de la liberación de hormonas.

Los problemas de fertilidad están presentes en mayor o menor medida en casi todas las especies de mamíferos y más en especies productivas. Por ello, la idea de investigar con detalle los procesos moleculares y celulares que controlan el desarrollo folicular puede contribuir, aunque no de manera inmediata, a resolver los problemas reproductivos en las diferentes especies. La investigación básica nos ayuda a generar conocimien-

to para que, en un futuro, al entender mejor los procesos reproductivos, se puedan desarrollar estrategias que nos permitan combatir el problema. Por ejemplo, en humanos el desarrollo de técnicas de reproducción asistida como la fertilización *in vitro* o la criopreservación de tejido ovárico se ha logrado, en parte, gracias a los conocimientos que se tienen actualmente sobre los mecanismos moleculares que controlan el desarrollo del folículo. En animales de producción en la actualidad, estos conocimientos permiten que se use de manera rutinaria [la sincronización](#) de estro y ovulación en vacas productoras de leche o incluso, aunque menos usado, la [hiperovulación](#) de animales genéticamente superiores.

La línea de investigación sobre el desarrollo folicular se ha mantenido vigente durante varios años, en mi caso he estado trabajando en ella durante los diez años que llevo en la universidad. Sin embargo, es una línea que se ha desarrollado durante mucho más tiempo por la Dra. Ana

María Rosales Torres en el Laboratorio de Bioquímica de la Reproducción. Básicamente, estudiamos algunos de los procesos relacionados con el crecimiento del folículo en su última fase de desarrollo, el llamado desarrollo de folículos antrales.

En específico trabajamos con dos grupos de moléculas de las cuales tratamos de evaluar su participación en el proceso del desarrollo folicular. Una se refiere al sistema del factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF; del inglés, Vascular Endothelial Growth Factor) y otra al esfingolípido, esfingosina-1-fosfato (S1P). El sistema del VEGF está compuesto por receptores de membrana, receptores solubles e isoformas, que son distintas formas moleculares de la misma proteína codificada en este caso por un mismo gen, pero con funciones diferentes.

Los resultados que hemos obtenido en cuanto al papel del sistema VEGF en el desarrollo folicular han sido simila-

res en varios modelos y diseños experimentales que nos permiten suponer que el control del desarrollo folicular es en parte regulado por este sistema de moléculas. Nuestros resultados sugieren que los receptores solubles de VEGF pueden determinar el destino del folículo; es decir pueden definir si el folículo llega al proceso de ovulación o se elimina del ovario por un proceso denominado atresia. Adicionalmente, trabajando con el sistema VEGF en [cuerpo lúteo](#), hemos mostrado que los receptores solubles también pueden estar regulando el desarrollo y la lisis de esta estructura.



ECOGRAFÍA
FOTO: DR. ADRIAN GUZMÁN SÁNCHEZ

El cuerpo lúteo es una glándula transitoria que produce una hormona llamada progesterona. En todos los mamíferos, incluyendo a la vaca, el cuerpo lúteo se forma a partir de las células foliculares. La progesterona regula la duración del ciclo estral, inhibe la ovulación y en hembras gestantes se produce durante toda la gestación. Esta hormona se encarga de proporcionar al producto las condiciones uterinas apropiadas para su desarrollo.

Utilizando los mismos modelos hemos evaluado recientemente la importancia de la S1P en el desarrollo folicular. Los esfingolípidos son componentes básicos de la membrana celular y son considerados segundos mensajeros que regulan eventos bioquímicos específicos en casi todos los tipos celulares incluyendo neuronas, hepatocitos y por supuesto células foliculares. Producto de la investigación con esta molécula, junto con el equipo de tra-

bajo del Laboratorio de Bioquímica de la Reproducción, Dra. Cyndi G. Hernández Coronado y alumnos de posgrado, todos a cargo de la Dra. Ana María Rosales Torres, participamos en la convocatoria de Ciencia Básica de [CONACyT](#) de 2018 con el proyecto titulado **“Esfingosina-1-fosfato (S1P) como mediador de hormonas que estimulan receptores ligados a proteína G”** el cual afortunadamente fue aprobado y está siendo



VACAS DE CARNE
FOTO: DR. ADRIAN GUZMÁN SÁNCHEZ

financiado por esta dependencia. La idea de este proyecto surge de evidencias previas generadas en nuestro laboratorio que demostraron que la síntesis de S1P no solo es regulada por la hormona foliculoestimulante

(FSH), sino que es necesaria para mediar los efectos biológicos de FSH en las células de la granulosa. Si bien existe una gran evidencia sobre cómo la FSH, la hormona luteinizante, la hormona estimulante de tiroides o la hormona adrenocorticotrópica controlan el funcionamiento de sus células blanco, con base en nuestras evidencias previas ahora tratamos de determinar otros mecanismos no clásicos de la acción de estas hormonas.

PROBLEMAS REPRODUCTIVOS EN VACAS PRODUCTORAS DE LECHE Y CARNE.

La eficiencia reproductiva es uno de los factores más importantes que determinan la rentabilidad de las unidades de producción pecuaria. Los problemas reproductivos tanto en vacas productoras de carne como de leche son multifactoriales y pueden incluir aspectos infecciosos, metabólicos y de manejo.

En vacas productoras de leche uno de los principales problemas reproductivos es [la muerte embrionaria](#), en la cual se pierde la gestación



VACAS LECHERAS
FOTO: DR. ADRIAN GUZMÁN SÁNCHEZ

durante los primeros 45 días desde la concepción. Se sabe que en vacas lecheras el porcentaje de muertes embrionarias puede llegar a ser hasta del 70%. Dentro de las causas de la muerte embrionaria se encuentran el estatus metabólico, las disfunciones del cuerpo lúteo, el estrés calórico y la salud uterina. La muerte embrionaria y otros trastornos reproductivos como los abortos y las fallas en la fertilización ocasionan una reducción dramática en la fertilidad de los hatos lecheros. Por ejemplo, hace cuarenta años la fertilidad dentro del hato se

encontraba entre 60 y 70%, mientras que en la actualidad es de alrededor del 35%, en el mejor de los casos.

En cuanto a la eficiencia reproductiva en vacas productoras de carne la situación es similar. En México, en los sistemas de producción de carne, existen reportes que indican que solamente el 40% de las vacas se encuentran gestantes, mientras que en otros países como Estados Unidos, Brasil y Argentina se reporta hasta un 80 o 90% de vacas gestantes por periodos de empadre. Como médicos veterinarios tenemos una gran ventana de oportunidad en ayudar a mejorar la fertilidad de los bovinos del país, lo que implica dejar de importar, hacer unidades de producción más rentables y evidentemente mejorar la economía de los productores.

Otro aspecto importante que limita la eficiencia reproductiva tanto en vacas productoras de carne como en productoras de leche son los periodos prolongados entre el parto y la nueva gestación (días abiertos). Después del parto hay un periodo

denominado puerperio en el cual ocurren dos procesos básicamente: la involución uterina y el inicio de la actividad ovárica posparto. Estos dos procesos deberían completarse en los primeros 45 días postparto y así un animal potencialmente podría volver a quedar gestante a partir de este momento. Si consideramos la meta ideal, que una vaca tenga una cría por año y considerando que la gestación dura 285 días en promedio, entonces la gestación debería ocurrir nuevamente entre los 45 y 90 días posparto. Si bien fisiológicamente esto es posible, la realidad es totalmente diferente. Algunos reportes de hatos en México muestran promedio de días abiertos superiores a 140 en hatos lecheros, mientras que en vacas productoras de carne pueden ser mayores a 180. Mientras que en otros sistemas de manejo reproductivo en vacas productoras de carne en el cual las hembras no están en contacto con los toros hasta después del destete (6-7 meses), el periodo entre el parto y la nueva gestación puede

“La investigación aplicada que realizo en esta casa de estudios está enfocada en la implementación y validación de estrategias de manejo reproductivo para contribuir en la solución de los problemas reproductivos tanto en vacas productoras de leche como de carne”.

llegar a ser de entre 300 y 400 días. Una de las principales causas de esta problemática, aunque no la única, es el anestro posparto, el cual está condicionado en gran medida por el estatus energético de los animales. El estatus energético del animal depende del balance entre la ingesta de energía (a través de la dieta) y el gasto energético del animal, el cual puede variar dependiendo del estado fisiológico en el que se encuentre. En vacas productoras de leche la demanda de energía para producirla durante el primer tercio de lactancia es muy alta y no puede ser cubierta a través de la dieta. Esto se debe a que durante el inicio de la lactancia hay una reducción en el consumo voluntario de alimento por parte del animal y al costo elevado de los insumos para la formulación de dietas que satisfagan sus requerimientos de ener-

gía. En el caso de vacas productoras de carne, debido a que su alimentación se basa en pastoreo, durante la época de sequía la cantidad y calidad de alimento se reduce drásticamente y es imposible satisfacer sus requerimientos nutricionales.

La investigación aplicada que realizo en esta casa de estudios está enfocada en la implementación y validación de estrategias de manejo reproductivo para contribuir en la solución de los problemas reproductivos tanto en vacas productoras de leche como de carne. En la literatura científica existen algunas estrategias que han mostrado mejorar la eficiencia reproductiva y algunas de éstas son usadas de manera rutinaria en el manejo reproductivo de bovinos en países como Estados Unidos. A pesar de esto, en nuestros sistemas de producción no son usadas regularmente

“En vacas productoras de leche, hemos estado generando evidencias que sustenten el uso de ultrasonografía como herramienta de diagnóstico reproductivo rutinario”.

debido, entre otros factores, a aspectos ideológicos y culturales por parte de los productores y, más importante en mi opinión, a la falta de evidencias generadas dentro de las propias unidades de producción.

En cuanto a nuestra investigación en vacas productoras de leche, hemos estado generando evidencias que sustenten el uso de ultrasonografía como herramienta de diagnóstico reproductivo rutinario. Si bien el uso de esta herramienta tiene desventajas como el costo elevado de los equipos de ultrasonido y el requerimiento de MVZ capacitados para su uso, algunos resultados generados por estudiantes de servicio social a mi cargo muestran que el uso de ultrasonografía como método de diagnóstico reproductivo en vacas lecheras puede mejorar la respuesta a tratamientos hormonales y la tasa de preñez en comparación con el uso de palpación rectal. Esto se debe básicamente a que el ultrasonido ofrece

mayor precisión para determinar las estructuras ováricas al momento del diagnóstico y así definir el mejor tratamiento.

En vacas productoras de carne, estamos trabajando con productores de becerro de la región norte del estado de Puebla, específicamente en los municipios de Ayotoxco de Guerrero, San José Acateno y Hueytamalco. Con estos productores hemos evaluado la implementación de empadres controlados y el uso de diferentes protocolos de sincronización de estro y ovulación para tratar de incrementar la tasa de preñez. A la fecha no tenemos resultados claros, sin embargo, esperamos en un futuro no muy lejano determinar qué protocolo de sincronización de estro y ovulación brinda los mejores resultados tanto en términos reproductivos, económicos y sociales bajo las condiciones de producción de esta zona del país.