

Cuahutli Miguel Nava Soto, José Henoc Romero Gallegos, Roberto Díaz Carmona y Angélica López Rodríguez



Inseminación artificial en bovinos

En este artículo se examina cómo la combinación de la ganadería tradicional con las más recientes innovaciones tecnológicas está transformando la forma en que se produce ganado vacuno, de modo que pueda asegurarse el suministro de alimentos para las futuras generaciones.

La domesticación es el proceso mediante el cual los seres humanos han manipulado especies silvestres (de animales o plantas) para su uso y consumo. Este proceso implica la selección de individuos con características deseables, como un mayor rendimiento, tamaño o colores específicos, resistencia a enfermedades, o simplemente un comportamiento dócil en el caso de los animales. Este procedimiento ha sido fundamental para el surgimiento de la agricultura, la ganadería y, finalmente, para la formación de las sociedades humanas. Sin embargo, también ha tenido un impacto en la evolución de los ecosistemas y en el desarrollo de especies que tal vez por selección natural no existirían.

Con base en estudios genéticos, morfológicos y arqueológicos, el proceso de domesticación pudo haber comenzado hace 10 000 a 12 000 años, datación que se sustenta, además, en el hecho de que en algunas culturas, como la sumeria y la egipcia, existen registros que hacen referencia a la domesticación de plantas y animales.

El proceso de domesticación probablemente comenzó con la recolección y siembra de semillas de plantas silvestres llevada a cabo por comunidades antiguas. De manera gradual, es probable que los pobladores hayan aprendido a proporcionar agua y luz solar para favorecer su crecimiento. Durante la etapa de floración cosecharon los cultivos para su consumo. Y también descubrieron que algunas plantas proporcionaban fibras útiles para la confección de vestimentas.

Simultáneamente, debió iniciarse el proceso de domesticación animal para aprovechar sus recursos. La leche y la carne sirvieron como alimento, mientras que la piel (o pelaje) se convirtió en un valioso recurso que permitía diseñar vestimentas



Ciclo estral
Fases fisiológicas recurrentes en hembras, definen el ciclo reproductivo.



Figura 1. Domesticación animal. La continua interacción del humano y los animales silvestres facilitó su convivencia.

que les protegían del clima. Con el tiempo se dieron cuenta de que los animales también podían ayudarles con sus labores domésticas, además de servirles de compañía. Este proceso evolutivo, marcado por la interacción entre seres humanos, plantas y animales, transformó radicalmente a las sociedades antiguas, permitiendo el surgimiento de nuevas civilizaciones (véase la **Figura 1**).

Los primeros pobladores no tenían idea de que al procrear la cruce de especies estaban induciendo modificaciones genéticas, pero actualmente la evidencia experimental demuestra que al inducir la creación de nuevas especies se aceleró el proceso evolutivo.

Con la práctica se hizo evidente que la cría selectiva puede presentar algunos inconvenientes: 1) a veces se necesitan varias cruces para producir los resultados deseados; 2) algunos rasgos de los padres se transmiten pocas veces a las crías (es decir, no son dominantes), por lo tanto, la cría de ganado selectivo se complica, y 3) cuando la cruce de especies es pobremente controlada se pueden provocar enfermedades o deformaciones físicas en las crías.

Hoy en día la demanda constante de alimentos de calidad ha incentivado la búsqueda de alternativas para la producción de carne y leche. En consecuencia, los grupos de investigación del sector pecuario han adoptado técnicas de ingeniería gené-

tica para manipular la herencia y reproducción de organismos, además de incluir en sus prácticas algunos métodos específicos que facilitan la selección de los progenitores y el momento para la cópula.

El momento óptimo para la cópula es cuando la vaca está en “estro”; es decir, en el momento de celo, donde son sexualmente receptivas, durante su **ciclo estral**. Los ganaderos a menudo detectan los signos de estro monitoreando el flujo vaginal, la hinchazón de la vulva y el comportamiento animal, aunque actualmente en el mercado hay parches indicadores de reproducción (parches de estro), que contienen un compuesto químico sensible a las hormonas sexuales, que cambia de color en respuesta a las secreciones vaginales.

Cuando una vaca está en celo, los toros naturalmente pueden notarlo mediante el olfato y se excitan sexualmente; de modo que, si la vaca acepta al toro, ésta permanecerá inmóvil mientras el macho la monta. Ahí empieza la cópula (interacción sexual) que regularmente culmina con la eyaculación que puede generar un embarazo.

Ahora bien, actualmente es posible depositar espermatozoides en el aparato reproductor de la hembra, mediante instrumental especializado, sin que se requiera la monta natural del macho sobre la hembra. A este método de inducir la gestación sin copular se le conoce como inseminación artificial (IA).

■ **Antecedentes de la IA**

Las primeras evidencias del uso de técnicas artesanales para favorecer la fecundación de ovinos sin copulación se encontraron en una región de la antigua Mesopotamia llamada Sumeria (localizada en el Medio Oriente, entre los ríos Éufrates y Tigris), y podrían ser del año 3000 a. C., aproximadamente.

Una leyenda árabe narra que, por el año 1200, el semen de los mejores caballos de las cuadras del rey Salomón se recogía en esponjas colocadas en la vagina de una yegua y luego la esponja impregnada con semen se exprimía en otra yegua previamente seleccionada, para así obtener crías con características específicas. Otros documentos del siglo XIV refieren el uso, en alguna parte de Arabia, de métodos

artificiales para favorecer la procreación en yeguas usando también la recolección de semen.

Por otra parte, cuenta la historia que en el siglo xv la reina Juana concibió una hija porque el semen del rey Enrique IV de Castilla (“el impotente”) se introdujo en la vagina real utilizando una cánula de oro. Independientemente de si es real o no esta historia, resulta interesante encontrar referencias a métodos de inseminación artificial en historias antiguas.

En 1677 Anton van Leeuwenhoek y su asistente Johannes Ham, gracias a los microscopios que Leeuwenhoek construyó, describieron los espermatozoides como parte esencial del semen y les llamaron “animáculos”. También hay referencias que indican que a finales de 1700 el fisiólogo italiano Lazzaro Spallanzani realizó IA en peces y anfibios, además de demostrar que para desarrollar un embrión es importante el contacto físico entre el huevo de las hembras y los espermatozoides del semen del macho. Spallanzani también fue capaz de producir tres cachorros caninos por IA.

El primer intento documentado de inseminación artificial en humanos fue realizado por John Hunter en Londres (circa 1770). Él recomendó a un paciente con hipospadias graves (un trastorno en el orificio del pene) que colectara en una jeringa caliente el semen que escapaba durante el coito, para después inyectarlo en la vagina de su mujer y así poder procrear.

Para el periodo comprendido entre finales de 1700 y finales de 1800, no hay mucha evidencia documentada del uso de la IA, aunque muy probablemente se realizaron algunos intentos.

Ilya Ivanovich Ivanov (Rusia, 1870-1932) fue el primero en reportar ensayos formales de IA. Él realizó la primer IA a gran escala usando un rebaño de 5 000 ovejas domesticadas. Además, usó como modelos de estudio perros, conejos y aves de corral. El fundamento de sus métodos sirvió para desarrollar las técnicas de IA modernas.

En España, en el año 1933, se generó por primera vez mediante técnicas de IA un potrillo de carreras; y en este mismo país, en 1936, se obtuvieron corderos. En tanto, a finales de esa misma década, los árabes ya estaban reproduciendo miles de cabezas de ganado vacuno y ovino mediante IA.

En 1940 Chang y Walton implementaron un procedimiento para congelar el semen, facilitando la inseminación de varias hembras sin necesidad de transportar al macho. Por consecuencia, aumentó la popularidad de la técnica de IA.

En México se empezó a utilizar la inseminación artificial a mediados de 1960 en el Instituto Nacional de Inseminación Artificial y Reproducción Animal, utilizando semen congelado y fresco. A partir de la década de los sesenta, la IA se hizo popular en el ganado vacuno. En 1978, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) –hoy Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)– fundó en Querétaro el Centro de IA más grande de México. Allí procesaron 30 000 dosis de esperma de toros de diversas razas durante el primer año. Luego, hacia 1980, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó un manual sobre la calidad del semen, estandarizando así los métodos de evaluación de los espermatozoides de diferentes especies.

Actualmente, son más de 80 millones las vacas que son inseminadas anualmente en todo el mundo. Hoy día es posible identificar el tipo de raza y las características de las especies a cruzar en función del resultado que se quiera obtener; para esto se han facilitado catálogos que especifican las características del macho donador de semen, de modo que el productor pueda elegir de acuerdo con sus necesidades.

Inseminación artificial en bovinos

En la producción bovina, la inseminación artificial inicia con la selección cuidadosa de la hembra y el macho para después obtener los espermatozoides usando una **vagina artificial** y un **electroeyaculador** (véase la **Figura 2**). Después, con la finalidad de conocer la calidad del semen obtenido, mediante un análisis de laboratorio se determina el color, volumen, densidad del líquido, pH, olor y aspecto, además de contar y revisar el número, la forma y la viabilidad de los espermatozoides obtenidos. Luego la muestra se puede almacenar ultracongelada en un recipiente que contiene nitrógeno líquido (a una temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$). Para optimizar la conservación, el

Vagina artificial
Simula una vagina bovina y facilita la recolección de semen.

Electroeyaculador
Induce la erección y eyaculación en machos bovinos.



Figura 2. Dispositivos auxiliares para la inseminación artificial en bovinos. A) Vagina artificial con diseño casero. B) Equipo del electroeyaculador.

semen se diluye en una solución especial que protege a los espermatozoides para que no se dañen durante el proceso de almacenaje. Luego, cuando la vaca esté en celo, los espermatozoides congelados deberán descongelarse gentilmente en hielo. La técnica recto-vaginal es la más utilizada para inseminar vacas; los expertos se apoyan usando una pistola de inseminación y siguen estrictas condiciones de asepsia. A continuación se revisa frecuentemente el estado de la vaca para asegurar un parto saludable.

La inseminación artificial (IA) ha demostrado ser una tecnología confiable para los ganaderos, particularmente porque favorece la expresión de rasgos genéticos específicos y evita la propagación de algunas enfermedades venéreas. No obstante, el desarrollo de los protocolos de IA en condiciones inadecuadas puede disminuir la eficiencia reproductiva a niveles menores que los obtenidos con vacas preñadas por monta natural.

En la ganadería se considera el tiempo que transcurre entre partos como una medida de la eficiencia de la gestación. El periodo entre partos se mide en meses. Aunque se considera que 12 meses es un intervalo óptimo, el tiempo promedio real es de aproximadamente 13.5 meses. Un intervalo de 12 meses significa que la vaca se embarazó después de los 100 días del periodo de lactancia. Más allá de este punto se estima una pérdida económica, ya que además de perder la producción de la cría, se afectará la producción lechera.

■ **Sistemas de reproducción bovina usados en México**

■ La cría de ganado vacuno se extiende por todo México e impacta directamente el sustento y la estabilidad económica de los mexicanos. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), México se encuentra entre los principales productores de carne de res y ganado bovino en el mundo. De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, México exporta ganado bovino a países de América del Norte, Centro y Sudamérica, así como a algunos países de Asia y Medio Oriente. Por ejemplo, durante el periodo de exportación 2022-2023 se vendieron a Estados Unidos 901 754 cabezas de ganado en pie. Chihuahua encabeza la lista de los estados exportadores; le siguen Sonora, Durango, Tamaulipas y Nuevo León. Algunas entidades federativas mexicanas, como Jalisco, Chihuahua, Coahuila, Veracruz y Nuevo León cuentan con centros de mejoramiento ganadero. Además, en 2019 se inauguró el Centro de Mejoramiento Genético Ganadero del estado de Durango, el cual actualmente brinda servicios de procesamiento y venta de semen bovino, pruebas de fertilidad e inseminación artificial, además de ofrecer capacitación técnica al personal encargado de los rebaños.

Además de la IA y la monta natural (véase la **Figura 3**), se utilizan diversos sistemas de reproducción bovina que pueden elegirse de acuerdo con el tipo de producción ganadera, el tamaño del rebaño, las condiciones climáticas y la disponibilidad de recursos con que se cuente. Por ejemplo:

- **La transferencia de embriones:** En este sistema se recolectan los embriones de vacas de alto valor genético mediante técnicas de reproducción asistida y se transfieren a vacas receptoras para su gestación y parto. Este método se utiliza principalmente en la producción de ganado de élite y en la multiplicación rápida de animales de alto valor genético.
- **La fertilización *in vitro*:** Es una técnica avanzada en la que se fecundan en un laboratorio los ovocitos (célula reproductora femenina) de una vaca con esperma de un toro y los embriones resultantes

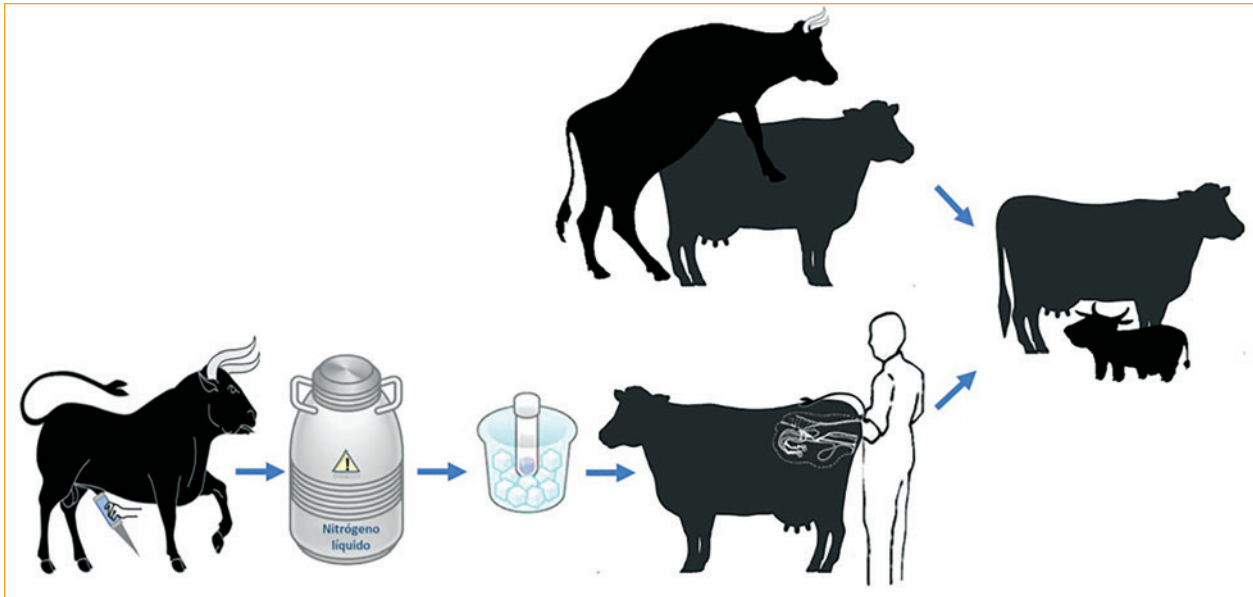


Figura 3. Inseminación de bovinos. La procreación de becerros puede darse naturalmente por la copulación macho-hembra, o puede inducirse de manera artificial. El semen recolectado del macho se congela usando nitrógeno líquido. Una vez que la hembra entra en celo, el semen se descongela para inseminar a la hembra seleccionada

se transfieren posteriormente a vacas receptoras para su gestación.

A los diferentes métodos de reproducción se les asocian tanto ventajas como desventajas, las cuales de-

ben ser consideradas al momento de decidir cómo fecundar una vaca (véase la [Tabla 1](#)).

La producción de ganado lechero, en particular, se ha beneficiado en gran medida por la reproducción asistida. Por ejemplo, usando la transferencia

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los métodos de reproducción de bovinos.

Métodos	Ventajas	Desventajas
Monta natural	<ul style="list-style-type: none"> • Es el proceso natural de apareamiento. • Menor costo inicial en comparación con la inseminación artificial. • No se requiere equipo especializado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor control sobre la genética de la descendencia. • Riesgo de propagación de enfermedades venéreas. • Mayor riesgo de lesiones para los animales durante el apareamiento.
Inseminación artificial	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor control sobre la genética de la descendencia, lo cual permite la selección de rasgos deseables. • Se reduce el riesgo de enfermedades venéreas. • Mayor eficiencia reproductiva, ya que es posible la inseminación de múltiples vacas con un solo eyaculado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere equipo especializado y capacitación de personal. • Mayor costo inicial debido a los equipos y suministros necesarios. • Requiere una buena detección del celo para lograr altas tasas de concepción.
Transferencia de embriones	<ul style="list-style-type: none"> • Multiplicación rápida de animales de alto valor genético. • Mayor control genético al permitir la producción de múltiples crías de una sola hembra de élite. • Se reduce el riesgo de transmisión de enfermedades genéticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos significativamente más altos en comparación con otros métodos de reproducción. • Requiere instalaciones y equipos especializados. • Menor tasa de éxito en comparación con la IA.
Fertilización in vitro	<ul style="list-style-type: none"> • Permite la reproducción de animales infértiles o de alto valor genético sin necesidad de apareamiento natural. • Mayor control sobre la selección genética. • Posibilidad de congelar embriones para su uso futuro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo muy elevado en comparación con otros métodos de reproducción. • Requiere tecnología avanzada y personal capacitado. • Menor tasa de éxito en comparación con otros métodos.

Semen sexado ▶
Clasificación de espermatozoides mediante técnicas especializadas, según el tipo de cromosomas sexuales (X: hembra, sY: macho).

de embriones o la IA los productores pueden mejorar la calidad de la leche, incluyendo los sólidos totales (como la grasa y las proteínas). Adicionalmente, se puede elegir el sexo del embrión, antes de la inseminación, usando **semen sexado**. Esto es beneficioso en la producción lechera, ya que la mayoría de los productores prefieren tener más hembras para la producción de leche. En resumen, los métodos de reproducción asistida ayudan a los ganaderos a producir bovinos a conveniencia, ya que hacen posible maximizar el mejoramiento de especies que son económicamente importantes, además de asegurar su salud y fertilidad.

Antes, la selección de toros sementales se hacía considerando sólo los registros de progenie de

sus crías (cantidad y rasgos característicos de las crías); actualmente, para una mejor selección, con frecuencia se usa la información génica. La mayor ventaja de seleccionar genéticamente el ganado es que conociendo con precisión las características de los animales que se van a cruzar, se puede reducir el intervalo de procreación para producir crías con características específicas. En la actualidad, ya hay animales genéticamente modificados para optimizar el ganado, controlar enfermedades o reducir costos de alimentación y la huella ambiental de la producción ganadera.

Aunque la interacción del ser humano con los bovinos ha favorecido el desarrollo pecuario (véase la **Figura 4**), la capacitación de las personas que



Figura 4. Empatía entre seres humanos y bovinos. El trato a los animales es fundamental para los productores. Algunos ganaderos aseguran que el trato rudo disminuye el flujo de leche.

integran este sector aún representa un gran reto, ya que se debe asegurar la calidad de vida de los animales, además de vigilar los cambios genéticos que se inducen, para procurar la obtención de ejemplares sanos y productivos, pero sin acelerar procesos evolutivos que perjudiquen el ecosistema.

Cuahutli Miguel Nava Soto

Universidad Juárez del Estado de Durango.
Facultad de Ciencias Químicas.
cuami98@gmail.com

José Henoc Romero Gallegos

Universidad Juárez del Estado de Durango.
Facultad de Ciencias Químicas.
dragon.-jh.-@hotmail.com

Roberto Díaz Carmona

Universidad Juárez del Estado de Durango.
Facultad de Ciencias Químicas.
rcarmona289@outlook.com

Angélica López Rodríguez

Universidad Juárez del Estado de Durango.
Facultad de Ciencias Químicas.
angelica.lopez@ujed.mx

Lecturas recomendadas

Dehesa Santiesteban, F. L. (2021), “Discurso de contestación”, en *Arqueozoología y domesticación animal: lo primero que un veterinario debería conocer sobre la historia de su profesión*, discurso de ingreso, como académico de número, pronunciado por Francisco Gil Cano. Disponible en <https://www.racve.es/wp-content/uploads/2021/12/211129_Discurso-ingreso-Excmo.-Sr.-D.-Francisco-Gil-Cano__.pdf>, consultado el 2 de abril de 2024.

Hill, S. L, D. M. Grieger, K. C. Olson *et al.* (2016), “Using estrus detection patches to optimally time insemination improved pregnancy risk in suckled beef cows enrolled in a fixed-time artificial insemination program”, *Journal of Animal Science*, 94(9): 3703-3710.

Ombelet, W. y J. van Robays (2015), “Artificial insemination history: hurdles and milestones”, *Facts Views Vis Obgyn*, 7(2):137-143.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2023), “Reporta Agricultura crecimiento de 10 por ciento en exportación de ganado bovino mexicano a Estados Unidos”, Gobierno de Mexico. Disponible en: <<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/reporta-agricultura-crecimiento-de-10-por-ciento-exportacion-de-ganado-bovino-mexicano-a-estados-unidos>>, consultado el 2 de abril de 2024.

Uribe Mendoza, B. I. (2021), “La domesticación animal: apuntes sobre su origen e impacto en el orden social y biológico”, *Revista Latinoamericana de Estudios Críticos Animales*, 8(1): 422-442. Disponible en <<http://revistaleca.org/index.php/leca/article/view/83>>, consultado el 2 de abril de 2024.

Vargas, R. y H. Rodríguez (1974), “Inseminación artificial en vacunos”, en *Manual de Asistencia Técnica-Instituto Agropecuario Colombiano*. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/20.500.12324/28486>>, consultado el 2 de abril de 2024.