

Recopilación de datos científicos e investigativos para el establecimiento de un programa de transferencia de embriones, instaurando requerimientos deseables en las vacas donadoras y receptoras.

Corporación Universitaria Uniremington  
Facultad de Medicina Veterinaria  
Programa de Medicina Veterinaria

Realizado por:

Yeison Alexander Galeano Pérez

Tutora:

Margarita María Arango Londoño  
Docente Facultad de Medicina Veterinaria

Opción trabajo de grado diplomado  
Biotecnología en la reproducción animal

Dictado: CIDE – Uniremington

Revisión Bibliográfica

2023.

## **Dedicatoria**

Hoy, con gratitud y emoción, dedico este proyecto de grado a Dios, mi fuente de fortaleza y sabiduría. En cada paso del camino, Su amor inagotable y guía constante han sido mi sustento, permitiéndome superar desafíos y alcanzar mis metas. A Ti, mi Amado Creador, te agradezco por tu inquebrantable apoyo y por iluminar mi camino hacia el éxito.

A mi amada familia, mi roca inquebrantable y mi inspiración constante, les dedico este logro. Sus sacrificios, aliento y amor incondicional me han impulsado a dar lo mejor de mí en cada instante. Cada palabra de aliento, cada abrazo en los momentos difíciles y cada sonrisa compartida han sido el combustible que me ha impulsado a seguir adelante. Mi gratitud ustedes hacia no tiene límites y les agradezco por siempre creer en mí.

A la Fundación Sofía Pérez de Soto, cuyos valores de excelencia y apoyo a la educación han sido un faro de esperanza en mi vida, le extiendo mi más profundo agradecimiento. Su compromiso incansable con el desarrollo académico y su dedicación a fomentar el crecimiento personal han sido fundamentales en mi formación. Gracias por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto y por ser una fuerza impulsora en mi camino hacia el éxito.

Hoy, al dedicar este proyecto a Dios, mi familia y la Fundación Sofía Pérez de Soto, reconozco y valoro profundamente el papel fundamental que han desempeñado en mi vida. Que este logro sea un tributo a su amor, apoyo y confianza inquebrantables.

Con gratitud y alegría.

## **Agradecimientos**

A todos aquellos que han sido parte de mi trayectoria académica, profesores, mentores y compañeros de estudio, les agradezco por su inestimable contribución a mi crecimiento intelectual. Sus enseñanzas, apoyo y confianza han sido fundamentales en mi formación como profesional y como ser humano. Mi gratitud hacia ustedes es eterna.

Finalmente, a todos los que de alguna manera han tocado mi vida y me han acompañado en este viaje, les expreso mi más sincero agradecimiento. Sus palabras amables, sus gestos de aliento y su presencia constante han sido un recordatorio constante de que nunca estamos solos en nuestra búsqueda del conocimiento y el crecimiento personal.

## Contenido

Resumen.....	5
Palabras clave:.....	6
Summary.....	6
Pregunta orientadora de la búsqueda .....	7
Título.....	7
Introducción .....	8
Metodología de búsqueda de la información .....	9
Fuentes de información:.....	10
Estrategia de búsqueda: .....	10
Criterios de exclusión e inclusión: .....	11
Selección de artículos: .....	11
Gestión de artículos: .....	11
Aspectos éticos: .....	12
Limitaciones .....	12
Resultados .....	13
Justificación desarrollo del tema .....	16
Objetivos .....	9
Objetivo general .....	9
Objetivos específicos .....	9
Síntesis de resultados .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Criterios deseables al momento de establecer un programa de transferencia de embriones. ....	20
Conclusiones.....	29
Referencias.....	32
Anexos .....	35
.....	36
Figura 1.....	36
Figura 2.....	38

## Resumen

La aplicación de biotecnologías en la reproducción animal desempeña un papel fundamental en la disminución del riesgo sanitario en la industria ganadera; selección e investigación genética: a través de técnicas como la selección asistida por marcadores y la genómica y Técnicas de Cultivo de Embriones permite identificar animales con mayor resistencia a enfermedades y características sanitarias favorables términos de salud.

Colombia ha logrado posicionarse como uno de los principales productores pecuarios a nivel mundial, este logro ha convertido al país en una potencia ganadera y ha sido impulsado, en parte, por el uso de técnicas de reproducción asistida como la transferencia y desarrollo embrionario. Es preciso plantear la revisión bibliográfica para lograr el alcance estableciendo una herramienta práctica y funcional, recopilando información sobre las características deseables en las vacas donadores y receptoras para establecer adecuadamente un programa de transferencia de embriones en Colombia. La transferencia de embriones consiste en extraer embriones genéticamente deseables de una hembra donante y transferirlos a hembras receptoras para su gestación y posterior nacimiento. En la fisiología reproductiva, la evaluación del desarrollo folicular es un paso crucial en para el programa de transferencia de embriones, que tiene como objetivo determinar la calidad y su viabilidad para la transferencia embrionaria. Instaurando el objetivo hacia la calidad embrionaria desde lo morfológico: Se examina: la forma, tamaño y apariencia general del embrión, buena estructura celular, masa celular interna bien definida y zona pelúcida intacta.

Esta revisión bibliográfica esta enfocada hacia el alcance para recopilar los principales requerimientos deseables en las vacas donadoras y receptoras con potencial genético constituyendo un checklist como guía metodológica al momento de establecer un programa de transferencia de embriones, la cual propone la selección ideal de acuerdo al enfoque nacional, ofreciendo varias ventajas y beneficios en términos de mejora genética; es posible obtener varias crías de alta calidad en un período de tiempo

relativamente corto. Esto acelera el progreso genético y la obtención de animales óptimos.

**Palabras clave:** Cultivo de Embriones, fisiología reproductiva, investigación, genética, biotecnología.

### **Summary**

Colombia has managed to position itself as one of the main livestock producers worldwide, this achievement has turned the country into a livestock power and has been driven, in part, by the use of assisted reproduction techniques such as embryo transfer. So it is necessary to review the scope to resolve: What are the needs to adequately establish an embryo transfer program in Colombia? It consists of extracting the embryos from a genetically desirable donor female and transferring them to recipient females for gestation and subsequent birth. . The evaluation of embryo development is a crucial step in this process, its objective is to determine the quality and its viability for embryo transfer, there are different methods and criteria. Morphological evaluation: The shape, size and general appearance of the embryo is examined. It is noted if it has a good cell structure, a well-defined inner cell mass, and an intact zona pellucida.

The application of biotechnologies in animal reproduction plays a fundamental role in reducing the health risk in the livestock industry; Selection and genetic improvement: through techniques such as marker-assisted selection and genomics, it allows the identification of animals with greater resistance to diseases and favorable sanitary characteristics in terms of health.

In the national and international cattle market it has a significant impact and offers several advantages and benefits in terms of genetic improvement; it is possible to obtain several high-quality offspring in a relatively short period of time. This accelerates genetic progress and obtaining optimal animals.

**Keywords:** Embryo culture, reproductive physiology, research, genetics, biotechnology.

**Pregunta orientadora de la búsqueda**

¿Cuáles son las características deseables en las vacas donadoras y receptoras para establecer adecuadamente un programa de transferencia de embriones en Colombia?

**Título**

Estimación del avance investigativo para el establecimiento de un programa de transferencia de embriones, instaurando requerimientos deseables en las vacas donadoras y receptoras.

**Sustentación teórica de la pregunta**

La aplicación de biotecnologías en la reproducción animal puede contribuir a la disminución del riesgo sanitario en varios aspectos:

Control de enfermedades genéticas: La selección y reproducción asistida pueden ayudar a evitar la propagación de enfermedades genéticas en el ganado. Mediante el uso de pruebas genéticas y la identificación de portadores de genes asociados con enfermedades hereditarias, es posible evitar la reproducción de animales afectados o portadores, reduciendo así el riesgo de transmitir enfermedades genéticas a las generaciones futuras.

Es esencial trabajar en estrecha colaboración con un veterinario especializado en reproducción bovina para seleccionar adecuadamente tanto a las donadoras como a las receptoras y para llevar a cabo un programa de transferencia de embriones exitoso en Colombia, adaptado a las condiciones específicas de la operación ganadera y los objetivos de mejora genética.

## Introducción

La biotecnología aplicada a la producción de embriones en el ganado bovino ha sido un avance significativo en el sector ganadero, que desempeña un papel fundamental en la generación de empleo y la economía de nuestro país. Con el fin de aprovechar y difundir los conocimientos científicos en este campo, se ha llevado a cabo una revisión sistémica del estado actual de estas biotecnologías.

Establecer un programa de transferencia de embriones en Colombia, al igual que en cualquier otro lugar, implica considerar las características específicas de la industria ganadera y los objetivos de mejoramiento genético. El avance de la biotecnología en la reproducción animal ha permitido el desarrollo de técnicas como la transferencia de embriones, que ha tenido un impacto significativo en la producción bovina. En este caso, se está hablando de una tecnología específica, posiblemente relacionada con la reproducción animal, y se menciona que tiene una eficacia de entre el 85% y el 95%. Esto significa que esta tecnología es bastante efectiva en alcanzar su propósito, con un alto porcentaje de éxito en su aplicación, lo que sugiere que es una técnica confiable y eficiente en su campo de aplicación. Esta técnica consiste en seleccionar donadoras de alto valor genético y someterlas a un proceso de superovulación mediante hormonas. (Sánchez *et al.*, Pinilla Quiroga, 2021). Luego, se realiza la aspiración de múltiples folículos de (2 a 8 mm de diámetro) en lo que se sugiere para ser seleccionados, (García EV *et al.* 2017) y los óvulos obtenidos se fecundan *in vitro* utilizando semen sexado de alta calidad genética.

El sector ganadero en nuestro país tiene una gran relevancia, ya que produce más de 800,000 toneladas de carne de res anualmente. (Beltrán López *et al.* Danies Urquijo, 2020) además de su impacto en la producción de alimentos, la ganadería es una fuente generadora de empleo, equivalente al 6,5% del nivel nacional. Esto demuestra la importancia económica y social de este sector. (Beltrán López *et al.*, Danies Urquijo, 2020)

En cuanto a la comercialización externa de ganado, los datos del primer semestre del año 2022 revelan cifras destacadas, se alcanzaron más de 293 millones de dólares en exportaciones, de los cuales 94,5 millones de dólares correspondieron a la carne y sus derivados, y 198,6 millones de dólares a la venta de animales en pie. Estas cifras reflejan la demanda y el valor que tienen nuestros productos ganaderos en el mercado internacional. (Beltrán López *et al.*, Danies Urquijo, 2020)

Con el objetivo de seguir fortaleciendo este sector y aprovechar al máximo su potencial, es fundamental estar al tanto de los avances científicos en biotecnología de producción de embriones bovinos. La revisión sistémica proporcionará un panorama actualizado de estas tecnologías, permitiendo a los actores del sector ganadero tomar decisiones informadas y utilizar de manera eficiente las herramientas disponibles para mejorar la calidad genética del ganado y aumentar la producción de animales de alta calidad. (Rodrigues *et al.*, 2010)

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Mejorar y maximizar la selección genética y la productividad del ganado, mediante la implementación de una checklist para el programa de transferencia de embriones de alta calidad en vacas donadoras a receptoras.

### **Objetivos específicos**

Desarrollar una herramienta checklist que determine el enfoque para los requerimientos deseables en alta calidad genética de vacas donadoras a receptoras.

Reducir tiempos que demoran al establecer un programa de transferencia de embriones, mediante la aplicación de la herramienta checklist.

### **Metodología de búsqueda de la información**

La búsqueda de información sobre la transferencia de embriones en bovinos se realizó utilizando una metodología que combina diferentes fuentes y estrategias de investigación. Se demuestran los hallazgos en diferentes fuentes: bases de datos académicas que ofrece la Facultad de Medicina Veterinaria Uniremington en ciencias veterinarias, agrícolas, biología animal y reproducción animal.

#### **Fuentes de información:**

fundamentado como bases para el desarrollo de este estudio bases de datos científicas como: PubMed, Pearson, Animal Health and Production Compendium, VetMed, Scopus, Sistema de Información Científica Redalyc, Puerta de la investigación (researchgate), Animal Reproduction Science (sciencedirect) Web of Science. Utilizando términos de búsqueda relevantes, en "transferencia de embriones en bovinos", "reproducción bovina asistida", "criopreservación de embriones bovinos", complementado y examinando los resúmenes y artículos científicos actuales completos de los estudios de la investigación en curso.

#### **Estrategia de búsqueda:**

Se indagó evidencias de búsqueda establecida en terminología a partir títulos de contenidos, argumentos de investigación y se clasificaron las palabras descriptoras de términos relativos al enfoque del estudio bibliográfico frases descritas, con estas palabras se plasmó una lista para asemejar y escoger posteriormente los conceptos o palabras clave.

La selección adecuada de hembras donadoras y receptoras es esencial para el éxito de un programa de transferencia de embriones. Aquí hay algunos criterios clave a considerar al seleccionar estas hembras.

Ya establecidos estos conceptos, se verificaron estas palabras como vocabulario (Decs) y términos Médicos (MESH) aplicados en la búsqueda literaria científica seleccionados para este estudio:

- Técnicas de Cultivo de Embriones (Embryo Culture Techniques ID del Descriptor: D046149)
- fisiología reproductiva (physiology Identificador de DeCS: 22031)

- Selección e investigación genética (Genetic Research ID del Descriptor: D036281)
- biotecnologías en la reproducción animal (Biotechnology ID del Descriptor: D001709)
- desarrollo embrionario.( Embryonic Development ID del Descriptor: D047108)

**Criterios de exclusión e inclusión:**

Se indagó la información que se accedió a los artículos para comprobar su veracidad. Para su inclusión: rendimiento productivo, conformación corporal, salud, historial de reproducción pedigrí y estado sanitario. De cada artículo se tomaron los requerimientos deseables en las vacas donadoras y receptoras, para constituir un checklist o lista de verificación como una herramienta valiosa con amplia variedad de situaciones y contextos incluidos el establecimiento y gestión de programas de transferencia de embriones en la industria ganadera.

Excluyeron: información de artículos relacionados con anteriores técnicas reproductivas.

**Selección de artículos:**

Basándose en el contexto, el proceso en el que los autores que se seleccionaron para los artículos se eligieron los títulos relacionados con la transferencia de embriones. Hace parte del estudio, investigación y publicaciones científicas en el campo de la biología reproductiva o la medicina biotecnológica.

Conocimientos sobre la transferencia de tecnología y la creación de estrategias científicas, fortaleciendo así la adopción de la transferencia de embriones.

**Gestión de artículos:**

Los datos obtenidos se llevaron a cabo mediante Zotero; Como herramienta de gestión de referencias y datos de investigación que permitió recopilar, organizar y citar fuentes de manera efectiva; para administrar los registros de informes completos. En este contexto, los registros de análisis completos se refieren:

1. Título: El nombre del artículo, libro o recurso.
2. Autor(es): El nombre de la persona o personas que escribieron el artículo o libro.
3. Año de Publicación: El año en que se publicó el recurso.
4. Editorial: El nombre de la editorial si es un libro.
5. Número de Páginas: La cantidad de páginas en el recurso.
6. DOI: Un identificador único que ayuda a localizar digitalmente el recurso.
7. URL: La dirección web del recurso si está en línea.

**Aspectos éticos:**

La implementación de un programa de transferencia de embriones en la industria ganadera plantea una serie de aspectos éticos que deben ser considerados cuidadosamente acorde a lo narrado en la metodología y la fuente de información secundaria, según el artículo 11 de la Resolución N° 008430 de 1993 este estudio, corresponde a un estudio sin riesgo pues emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológica: Bienestar Animal, Salud y Seguridad, Impacto Ambiental.

Es crucial abordar los aspectos éticos de manera integral en un programa de transferencia de embriones en la industria ganadera. Esto no solo garantiza el bienestar de los animales involucrados, sino que también contribuye a la aceptación pública y a la sostenibilidad a largo plazo del programa.

**Limitaciones:**

Para la investigación no se certificó los metadatos de búsqueda con un bibliotecólogo o profesional en la gestión de la información, tampoco se refirió con un par investigador que aprobara hacer la elección más precisa de los artículos como ente regulador para la clasificación de los artículos.

Así que, el presente trabajo es una revisión de alcance con algunos elementos constituidos de revisión metodología.

### Resultados:

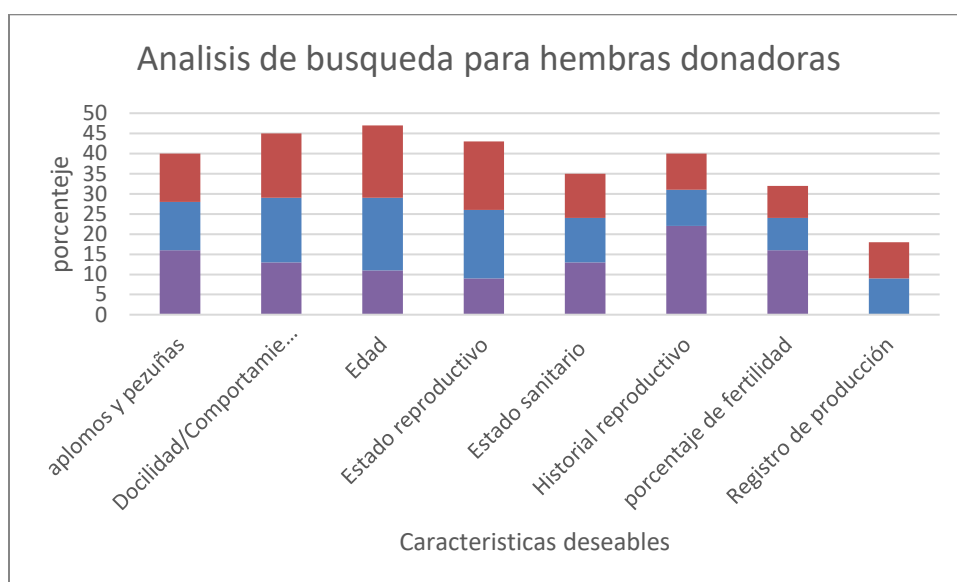
Para las estrategias de búsqueda se encontraron variaciones detalladas para el estudio de revisión bibliográfica donde se proyectaron 547 resultados en las bases de datos, de estos fueron eliminados 524 artículos, las referencias seleccionadas véase en la bibliografía.

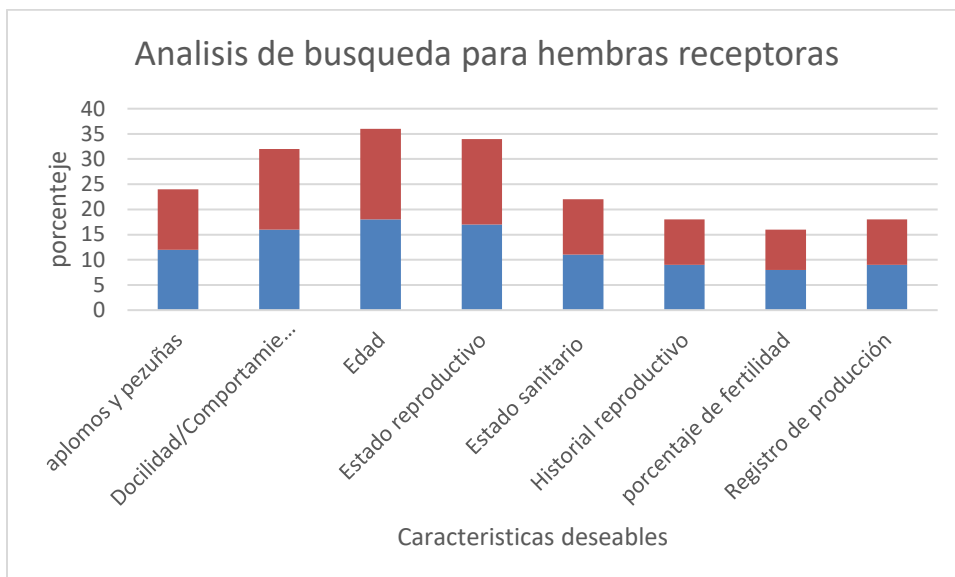
Los cuales fueron filtrados por título, resumen y palabras claves y por no cumplir los siguientes criterios: texto completo, acceso libre, no se encontraban relacionados con parámetros y requerimientos ideales al momento de seleccionar las hembras que entraran en el programa transferencia de embriones, obteniendo un total de 7 artículos, los cuales fueron evaluados bajo los criterios de inclusión de haber seguido un diseño de estudio transversal, evaluaban un reporte de caso relacionado.

Fuente	cantidad artículos	%
PubMed	127	23%
Pearson	42	8%
Animal Health and Production Compendium	78	14%
VetMed	198	36%
Sistema de Información Científica Redalyc	45	8%

Puerta de la investigación (researchgate)	32	6%
Animal Reproduction Science (sciencedirect)	25	5%
<b>Total</b>	<b>547</b>	<b>100%</b>

\* Los idiomas que se evidenciaron en su mayoría fueron inglés, español y portugués.





En las gráficas se evidencia el porcentaje de asociación de búsqueda en los artículos seleccionados.

<b>Título</b>	<b>Autor y año</b>	<b>DOI</b>
Bovine in vitro Embryo Production: State of the Art.	Gallego, et al (2022)	<a href="https://doi.org/10.18502/espoch.v2i2.11192">https://doi.org/10.18502/espoch.v2i2.11192</a>
Time-lapse monitoring technologies for the selection of bovine in vitro fertilized embryos with high implantation potential.	Magata, F. (2023).	<a href="https://doi.org/10.1262/jrd.2022-131">https://doi.org/10.1262/jrd.2022-131</a>
Morfometría de ovarios, folículos y su relación con la calidad oocitaria en bovinos I	Neira Rivera, et al (2023)	<a href="https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50156">https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50156</a>
Direct transfer of frozen-thawed bovine embryos and its application in cattle reproduction management	Dochi O. (2019).	<a href="https://doi.org/10.1262/jrd.2019-025">https://doi.org/10.1262/jrd.2019-025</a>

Effect of fixed-time embryo transfer on reproductive efficiency in high-producing repeat-breeder Holstein cows	Rodrigues, et al (2010)	<a href="https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.06.020">https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.06.020</a>
Técnicas de biotecnología reproductiva para obtención de embriones bovinos. biotecnología reproductiva en bovinos	Sánchez, B. A, et al (2021)	<a href="https://repository.ucc.edu.co/items/2c946231-4192-4751-a979-df3c7169a01c">https://repository.ucc.edu.co/items/2c946231-4192-4751-a979-df3c7169a01c</a>
Insemination and embryo transfer programs: Effect of estrous on pregnancy and embryonic and fetal losses in bovine.	Vera Cedeño, A., et al (2022)	<a href="https://doi.org/10.18548/aspe/0010.14">https://doi.org/10.18548/aspe/0010.14</a>

### Justificación desarrollo del tema

Con este trabajo se pretende estandarizar parámetros y lineamientos que apuestan a la calidad genética del ganado como factor determinante para su valor comercial y productivo, con lo que se permite seleccionar donadoras con características genéticas superiores y utilizar semen sexado de alta calidad para fertilizar los óvulos in vitro. Esto asegura la reproducción de animales con rasgos deseables, como resistencia a enfermedades, mayor producción de carne o leche, y mejor conformación física. (Bora, 2022).

Las características enfocadas hacia la cración de la herramienta check list, destaca requerimientos deseables de vacas donadoras y receptoras, en un programa de transferencia de embriones; que apunta hacia las ventajas biotecnológicas justificadas para potenciar el mercado nacional del ganado bovino. Sus efectos positivos en términos de mejora genética, eficiencia reproductiva, competitividad y desarrollo económico respaldan su implementación y promoción en el sector ganadero.

El autor ha demostrado ser altamente efectiva para su implementación ha generado impactos positivos en términos de mejora genética y aumento de la producción.(Mucci *et al.*, 2006).

La eficiencia reproductiva es otro aspecto clave que impulsa el uso de la transferencia de embriones. Mediante la superovulación y la fertilización *in vitro*, se obtiene un mayor número de embriones de una sola donadora en un ciclo reproductivo, acelerando así el proceso de reproducción y permitiendo la multiplicación de animales de alto valor genético en un menor tiempo (Baruselli *et al.*, 2017).

En el contexto del mercado nacional, la transferencia de embriones contribuye a la oferta de ganado bovino de alta calidad y con características genéticas superiores. Esto satisface la creciente demanda de productos ganaderos tanto a nivel local como global, generando oportunidades de comercio y aumentando la competitividad de los productores (Viana, *et al.*, 2016).

La implementación de la transferencia de embriones también tiene un impacto económico significativo. Según estudios, la técnica ha contribuido al crecimiento del sector ganadero, generando empleo y aumentando la rentabilidad de las explotaciones (Viana *et al.*, 2016). Además, la comercialización de ganado bovino y sus derivados ha representado una fuente importante de ingresos para los productores, con cifras destacadas en exportaciones (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022)

### **Premisas que orientan al resultado**

Establecer un checklist o lista de verificación es una herramienta valiosa en una amplia variedad de situaciones y contextos, incluido el establecimiento y gestión de programas de transferencia de embriones en la industria ganadera. Aquí se describen algunas razones clave por las cuales es importante establecer un checklist en este contexto:

**Organización y Estructura:** Un checklist proporciona una estructura organizada para seguir durante todo el proceso de transferencia de embriones. Ayuda a asegurarse de que cada paso importante se aborde en el orden correcto y que no se omita ninguna tarea esencial.

**Prevención de Errores:** La transferencia de embriones es un proceso detallado y técnico que involucra múltiples etapas. Un checklist reduce la probabilidad de cometer errores al garantizar que todos los pasos críticos se realicen correctamente.

**Cumplimiento de Procedimientos:** Los programas de transferencia de embriones suelen tener protocolos específicos que deben seguirse para garantizar el éxito. Un checklist ayuda a asegurarse de que se cumplan todos los procedimientos y se sigan las mejores prácticas.

**Maximización del Éxito:** Al seguir un checklist, se aumenta la probabilidad de lograr un mayor éxito en la implantación y desarrollo embrionario, lo que finalmente conduce a una tasa de éxito general más alta en el programa de transferencia.

**Comunicación Efectiva:** puede servir como herramienta de comunicación eficiente entre los miembros del equipo involucrados en el programa. Cada miembro puede referirse al checklist para entender qué se espera de ellos y qué pasos deben completar.

**Seguimiento y Auditoría:** proporciona un registro documentado de las acciones realizadas en cada etapa del proceso. Esto es valioso para fines de seguimiento, análisis y auditoría, lo que permite identificar áreas de mejora y optimizar el proceso con el tiempo.

**Formación y Capacitación:** puede ser un instrumento útil para la formación de nuevos miembros del equipo. Facilita la comprensión de los procedimientos y pasos requeridos, ayudando a reducir la curva de aprendizaje.

**Control de Calidad:** consigue incluir criterios específicos de calidad y estándares a cumplir. Esto ayuda a garantizar que los embriones transferidos cumplan con los requisitos de calidad deseados.

**Gestión de Riesgos:** Al resaltar y abordar cada etapa crítica del proceso, un checklist ayuda a identificar posibles riesgos y a implementar medidas preventivas para minimizarlos.

**Eficiencia y Productividad:** consigue ayudar a mejorar la eficiencia general del programa de transferencia de embriones al eliminar la posibilidad de olvidar pasos importantes y al optimizar el flujo de trabajo.

En resumen, un checklist es una herramienta fundamental para garantizar que cada aspecto crucial del programa de transferencia de embriones se maneje de manera adecuada y sistemática. Ayuda a reducir errores, mejorar la calidad y eficacia, y contribuye al éxito general del programa en la industria ganadera.

<b>Checklist criterios deseables al momento de establecer un programa de transferencia de embriones:</b>					
<b>Requerimiento deseable</b>	<b>Selección de hembras</b>		<b>Criterio (marca con X)</b>		<b>Observaciones</b>
	<b>Donadora</b>	<b>Receptora</b>	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>	
Adaptación a condiciones locales y ambientales	x	x			
aplomos y pezuñas	x	x			
Asesoramiento y apoyo técnico	x				
Calidad Ovárica	x	x			
Consistencia genética	x				
Docilidad/Comportamiento Tranquilo	x	x			
Edad	x	x			

Estado reproductivo	x	x			
Estado sanitario	x	x			
Evaluación de Pedigrí y Genealogía	x				
Habilidad materna		x			
Historial reproductivo		x			
porcentaje de fertilidad	x	x			
Propósito y objetivo	x	x			
Raza	x				
Recursos y capacidad instalada	x	x			
Registro de producción	x				
Salud general	x	x			

Checklist requerimientos deseables al momento de establecer un programa de transferencia de embriones: Galeano, 2023

### Definiciones:

**Estado reproductivo:** al incluirse vacas en diferentes etapas del ciclo reproductivo, como vacas en anestro, vacas ciclando normalmente o vacas en estro.

**Historial reproductivo:** Puede ser relevante incluir vacas con historial reproductivo conocido, como vacas que han tenido problemas de fertilidad anteriores o vacas con ciclos reproductivos regulares.

**Edad:** La edad es un criterio importante, ya que la reproducción en vacas puede variar según la edad. Por lo tanto, pueden incluirse vacas de edades tempranas desde su maduración sexual hasta el décimo parto. (García y González *et al.*, 2019)

**Raza:** La raza de las vacas es relevante en función de los objetivos de investigación. Es necesario seleccionar vacas razas puras específicas con registro de pedigrí.

**Salud general:** Es importante considerar la salud general de las vacas. Se pueden incluir vacas sanas y libres de enfermedades que puedan afectar la reproducción, y descendencia. (Perez G *et al.*, 2019)

**Propósito y objetivo:** Es importante definir claramente el propósito y los objetivos de la implementación de biotecnologías en la reproducción animal. ¿Se busca mejorar la genética del ganado? ¿Incrementar la productividad? ¿Seleccionar características específicas? Establecer los objetivos ayudará a determinar qué técnicas de biotecnología reproductiva son las más apropiadas.

**Recursos y capacidad:** La implementación de biotecnologías reproductivas requiere una inversión de recursos y una capacidad técnica adecuada. Es necesario evaluar si se dispone de los recursos financieros, tecnológicos y de personal para llevar a cabo las técnicas de reproducción asistida de manera efectiva y segura. Esto incluye infraestructura, equipo, personal capacitado y acceso a servicios veterinarios especializados.

**Consistencia genética:** Es fundamental tener en cuenta la genética y la calidad del ganado antes de optar por la biotecnología reproductiva. Se deben seleccionar animales con características deseables y saludables para asegurar que los resultados de la reproducción sean favorables. La calidad del ganado puede evaluarse mediante criterios como rendimiento productivo, conformación corporal, salud, historial de reproducción y pedigrí. (Vera Cedeño *et al*, Bo, 2022)

**Estado sanitario:** El estado sanitario del ganado es un factor crítico. Se deben realizar exámenes veterinarios exhaustivos para detectar la presencia de enfermedades infecciosas o genéticas que puedan afectar la reproducción y la calidad de los embriones o descendientes. (Diniz *et al.*, 2016)

La cuarentena y las pruebas sanitarias previas son esenciales para garantizar la bioseguridad y evitar la propagación de enfermedades, “investigaciones y hallazgos

relacionados con la detección de agentes infecciosos en muestras biológicas de animales utilizados en programas de transferencia de embriones bovinos”.(Eric *et al.*, 2016)

**Viabilidad económica:** La implementación de biotecnologías reproductivas implica un costo adicional en comparación con los métodos tradicionales de reproducción.(Baertsoen *et al.*,Vété, 2021) Se debe realizar un análisis de viabilidad económica para evaluar si la inversión en biotecnología reproductiva resultará en beneficios económicos a largo plazo, como una mejora en la calidad del ganado, un incremento en la productividad o la apertura de nuevos mercados.

**Asesoramiento y apoyo técnico:** Contar con el asesoramiento y el apoyo técnico adecuados es esencial para una implementación exitosa de las biotecnologías reproductivas. Puede ser beneficioso buscar el apoyo de profesionales, como veterinarios especializados en reproducción animal o expertos en genética, que puedan guiar en la toma de decisiones y proporcionar orientación técnica durante todo el proceso.

Estos criterios de elegibilidad son solo una guía general y pueden variar según las circunstancias individuales de cada productor o ganadero. Es importante evaluar cuidadosamente cada uno de estos aspectos y considerar los objetivos, los recursos disponibles y las características del ganado antes de optar por la implementación de biotecnologías en la reproducción animal.

**Detección temprana de enfermedades:** Las técnicas de biotecnología reproductiva pueden incluir exámenes veterinarios y evaluaciones sanitarias exhaustivas de los animales involucrados en el proceso de reproducción. Esto permite detectar tempranamente enfermedades o condiciones de salud que podrían afectar la calidad genética de los animales y su capacidad para ser exportados. La detección temprana de enfermedades facilita la toma de decisiones informadas y la implementación de medidas preventivas para minimizar el riesgo de propagación de enfermedades.

**Establecimiento de programas de control sanitario:** La implementación de biotecnologías reproductivas puede ir acompañada de programas de control sanitario más rigurosos.

Estos programas pueden incluir medidas de bioseguridad, cuarentena, vacunación y monitoreo regular de la salud de los animales involucrados en el proceso de reproducción. Estas acciones ayudan a prevenir la propagación de enfermedades y garantizar la calidad sanitaria de los animales destinados a la exportación.

En efecto, la implementación de biotecnologías en la reproducción animal puede contribuir a la disminución del riesgo sanitario al evitar el transporte de animales vivos, controlar enfermedades genéticas, detectar tempranamente enfermedades, producir en ambientes controlados y establecer programas de control sanitario más estrictos. Estas medidas son fundamentales para garantizar la salud y la calidad del ganado destinado a la exportación y proteger tanto la industria ganadera como la salud animal a nivel nacional e internacional.

Para implementar y seleccionar animales de buena condición genética para exportar a otros países, se pueden utilizar diversos métodos y estrategias. A continuación, se presentan algunos de los enfoques comunes utilizados en la industria ganadera:

**Programas de Mejoramiento Genético:** Los programas de mejoramiento genético tienen como objetivo identificar y seleccionar animales con características deseables y transmitirlos a las generaciones futuras. (Sánchez *et al.*, Quiroga, 2021) Estos programas utilizan herramientas como la evaluación de rendimiento, registros genealógicos, pruebas genéticas y tecnologías de reproducción asistida para identificar animales con una alta condición genética. Se realizan análisis de datos y se calculan índices de selección para identificar los mejores animales en función de los rasgos de interés, como el rendimiento de la carne, la fertilidad, la resistencia a enfermedades, entre otros.

**Evaluación de Pedigrí y Genealogía:** El estudio de la genealogía y el pedigrí de los animales permite rastrear y analizar la transmisión de características genéticas a lo largo de las generaciones. Se investiga la ascendencia de los animales y se evalúa el desempeño y las características de sus progenitores y parientes. Esto proporciona información valiosa sobre la calidad genética de los animales y ayuda en la selección de aquellos con buenos antecedentes genéticos.

**Evaluación de Rendimiento y Características Fenotípicas:** Se realizan mediciones y evaluaciones de diversas características fenotípicas, como el peso al nacer, el crecimiento, la conformación corporal, la calidad de la carne, la producción de leche, entre otros. Estos datos se utilizan para identificar animales con características superiores y seleccionar aquellos que cumplan con los estándares requeridos por los mercados de exportación.

**Pruebas Genéticas:** Las pruebas genéticas permiten identificar los perfiles genéticos de los animales y evaluar la presencia de ciertos genes relacionados con características de interés. Estas pruebas pueden incluir análisis de ADN para identificar marcadores genéticos asociados con enfermedades, calidad de la carne, resistencia a parásitos, etc. La información obtenida a través de estas pruebas puede ser utilizada para seleccionar animales con genes favorables para exportación.

**Importancia al momento de optar por tecnologías de reproducción asistida instaurando requerimientos deseables en las vacas donadoras y receptoras.**

Las técnicas de reproducción asistida, como la inseminación artificial (IA), la transferencia de embriones (TE) y la fertilización in vitro (FIV), permiten la selección y reproducción de animales con alta calidad genética de manera más eficiente. (Magata, 2023)

Estas tecnologías permiten multiplicar el número de descendientes de animales de buena condición genética, acelerando así el progreso genético y facilitando la exportación de animales superiores. (Gallego *et al.*, 2022)

Una vez fertilizados, los embriones se dejan madurar durante aproximadamente 24 horas con solución medio de maduración siete días. (Goicochea Vargas *et al.*, 2021) Luego se transfieren a las receptoras, que llevarán la gestación hasta el parto. Esta técnica permite a los ganaderos aumentar la producción de descendencia de animales con características genéticas deseables, mejorando así la calidad del ganado y aumentando la producción de animales de alta calidad.

El avance científico en la reproducción bovina, especialmente a través de técnicas como la transferencia de embriones, ha permitido mejorar la calidad genética del ganado y

aumentar la producción de animales de alta calidad en Colombia. Esto ha contribuido al crecimiento y posicionamiento del país como uno de los principales productores pecuarios a nivel mundial.

Es importante destacar que la implementación de estos métodos requiere de una planificación cuidadosa, una base de datos confiable y un enfoque sistemático de selección. La asesoría de expertos en genética y la colaboración con instituciones de investigación y asociaciones ganaderas también son recursos valiosos para llevar a cabo un programa efectivo de selección y exportación de animales de buena condición genética.

Se ha observado que durante el desarrollo embrionario *in vitro*, las células embrionarias secretan una serie de moléculas bioactivas que actúan de manera paracrina, es decir, florecen a las células vecinas dentro del mismo tejido embrionario. Estas moléculas paracrinas cumplen funciones importantes en la regulación y coordinación del desarrollo embrionario (Hamdi, M *et al* 2019). Algunas de las moléculas paracrinas involucradas en el desarrollo embrionario *in vitro* incluyen:

**Factores de crecimiento:** Los factores de crecimiento son proteínas que estimulan la supervivencia, diferenciación y supervivencia celular. Durante el desarrollo embrionario, se ha observado la producción de factores de crecimiento como el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF), el factor de crecimiento de fibroblastos (FGF), el factor de crecimiento transformante beta (TGF- $\beta$ ) y el factor de crecimiento epidérmico (EGF). (Valdecantos, P. A. *et al* 2022) Estos factores de crecimiento desempeñan un papel crucial en la regulación de la división celular, la morfogénesis y la diferenciación de los distintos tejidos embrionarios. (García *et al.*, 2015)

**La Investigación en mejora genética:** La mejora genética del ganado a través de biotecnologías reproductivas es fundamental para garantizar un suministro alimentario

sostenible y de calidad. la selección asistida por marcadores genéticos y las técnicas de reproducción asistida, como la inseminación artificial y la transferencia de embriones, han demostrado ser herramientas efectivas para mejorar características productivas, como el rendimiento de la carne y la leche, y para reducir enfermedades. Estas técnicas permiten la selección y el uso de animales superiores en términos de eficiencia alimentaria y calidad de la carne, lo que contribuye a un mejor aseguramiento alimentario.

**Preservación de razas autóctonas y biodiversidad:** La conservación de razas autóctonas es esencial para preservar la diversidad genética y asegurar la seguridad alimentaria a largo plazo. La utilización de biotecnologías reproductivas, como la criopreservación de semen y embriones, ha sido investigada como una estrategia para conservar razas autóctonas en peligro de extinción. Dochi O. (2019)

Según un estudio realizado por Gandini *et al.* (2014), la aplicación de técnicas de reproducción asistida ha demostrado ser eficaz en la conservación y el incremento de la diversidad genética de razas autóctonas, lo que contribuye al aseguramiento de la variabilidad genética necesaria para adaptarse a futuros desafíos alimentarios y ambientales.

**Reducción de enfermedades y riesgos sanitarios:** La investigación en biotecnologías reproductivas también se ha centrado en reducir enfermedades y riesgos sanitarios en la producción animal. Por ejemplo, la selección genómica, que utiliza la información genética para identificar animales resistentes a enfermedades, ha mostrado resultados prometedores en la reducción de la susceptibilidad a enfermedades específicas en el ganado. Según un estudio de Cole *et al.* (2017), la selección genómica puede ayudar a reducir el uso de antimicrobianos y mejorar la salud animal al seleccionar animales genéticamente más resistentes a enfermedades, lo que a su vez contribuye al aseguramiento alimentario al garantizar animales más sanos y productivos.

**Mejora de la eficiencia reproductiva:** En general, la exploración en biotecnologías reproductivas ha demostrado la eficiencia reproductiva como factor clave para la producción animal. La investigación en biotecnologías ha buscado mejorar la eficiencia

reproductiva a través de técnicas como la sincronización del estro y la superovulación. (Vera Cedeño et al, Bo, 2022). Un estudio realizado por Vasconcelos *et al.* (2016) destaca la importancia de estas técnicas para mejorar la eficiencia reproductiva en vacas, lo que permite un mayor número de crías por unidad de tiempo y recursos. Esto contribuye directamente al aseguramiento alimentario al aumentar la producción de animales destinados a la alimentación humana.

## **Discusión**

Al analizar la literatura se encontraron varios requerimientos deseables en las vacas donadoras y receptoras, ajustados al momento de buscar congruencia con el establecimiento de la herramienta checklist.

En el artículo Producción de embriones bovinos in vitro: estado del arte. El título de la referencia "Bovine in vitro Embryo Production: State of the Art" Gallego, et al (2022) sugiere que se trata de un análisis sobre el estado actual de la producción de embriones bovinos in vitro. Esto implica que el contenido de la referencia probablemente abordará avances, técnicas y desarrollos en el campo de la reproducción asistida en bovinos. Un análisis más detallado podría implicar al proceso de cultivo y desarrollo de embriones fuera del cuerpo del animal, generalmente en un laboratorio, y lograr ser transferidos a las receptoras seleccionadas, Dado que la reproducción asistida en bovinos tiene un impacto directo en la mejora genética del ganado y en la producción de carne y leche, este análisis es apreciable para la industria ganadera y la investigación científica.

Para el concepto "Tecnologías de monitoreo de lapso de tiempo para la selección de embriones bovinos fertilizados in vitro con alto potencial de implantación" Magata, F. (2023). Abordó una cuestión fundamental en la reproducción asistida de bovinos: cómo mejorar la selección de embriones con alto potencial de implantación. El uso de tecnologías de monitoreo en tiempo real para este propósito representa un avance significativo en la optimización de los procesos de producción de embriones in vitro y, por ende, en la mejora de la eficiencia y calidad en la industria ganadera.

Estos hallazgos relacionados con la "Morfometría de ovarios, folículos y su relación con la calidad oocitaria en bovinos" Neira Rivera, et al (2023) es fundamental para la industria ganadera y la reproducción asistida. La morfometría ovárica puede proporcionar información valiosa para predecir y mejorar la calidad de los ovocitos, lo que a su vez impacta en el éxito de las técnicas de reproducción asistida. Sin embargo, es esencial continuar investigando y explorando cómo aplicar esta información de manera efectiva en la práctica ganadera. la conexión entre la morfometría y la calidad de los oocitos; que se refiere a la capacidad de un oocito para ser fertilizado y desarrollarse en un embrión viable. La coincidencia entre las dimensiones y características morfométricas de los folículos y la calidad de los oocitos es un avance significativo en la comprensión de cómo se pueden predecir y mejorar las tasas de éxito en la reproducción asistida.

La referencia "Transferencia directa de embriones bovinos congelados-descongelados y su aplicación en el manejo de la reproducción bovina" Dochi O. (2019).afrenta un tema clave en la reproducción bovina: la transferencia directa de embriones bovinos congelados y descongelados, y su aplicación en la gestión de la reproducción en el ganado. La transferencia directa de embriones congelados y descongelados ha sido un avance significativo en la reproducción asistida en bovinos y tiene implicaciones importantes en la mejora de la eficiencia reproductiva y la genética del ganado. El proceso de congelación y descongelación de embriones bovinos ha permitido la dejada y el transporte de material genético valioso a través de largas distancias ya lo largo del tiempo. Esto es particularmente relevante para la reproducción bovina, donde la mejora genética es esencial para aumentar la calidad de la carne y la leche, así como para conservar razas específicas.

El artículo "Efecto de la transferencia de embriones a tiempo fijo sobre la eficiencia reproductiva en vacas Holstein repetidoras de alta producción" es valioso en el contexto de mejorar la eficiencia reproductiva en ganado de alta producción. Analizar los métodos, los resultados, las sugerencias prácticas y las limitaciones del estudio que conducen a una razón de cómo la transferencia de embriones en tiempo fijo puede contribuir a abordar los problemas de repetición en la reproducción de vacas Holstein.

En relación a los requerimientos relacionados "Técnicas de biotecnología reproductiva para la obtención de embriones bovinos" Sánchez, B. A, et al (2021). Es relevante en el campo de la producción ganadera y la mejora genética. Al analizar las técnicas presentadas, sus beneficios, impacto en la industria, avances y desafíos, se obtendrá una comprensión completa de cómo la biotecnología reproductiva está transformando la reproducción en bovinos.

En la investigación "Programas de inseminación y transferencia de embriones: efecto del celo en la preñez y pérdidas embrionarias y fetales en bovinos" Vera Cedeño, A., et al (2022) proporciona una valiosa perspectiva sobre cómo el ciclo estral influyó en los resultados de la reproducción bovina. Analizar el impacto del ciclo estral, las comparaciones de programas, las pérdidas embrionarias y fetales, y la aplicación práctica en la industria ganadera permitirá una comprensión completa de cómo esta investigación contribuye al campo de la reproducción bovina.

## **Conclusiones**

La favorabilidad al momento de establecer un programa de transferencia de embriones citando puntualmente las características deseables en las vacas donadoras y receptoras son componentes predictivos que aplicados en su totalidad pueden anunciar de manera temprana, la viabilidad oportuna y especificidad aproximada al 70% de lograr el objetivo como se justificó en los estudios aplicados.

La implementación de la herramienta checklist busca mejorar la selección genética para las donadoras y fenotípica para las receptoras logrando aumentar la eficiencia reproductiva utilizando la transferencia de embriones contribuyendo al desarrollo y al avance científico en pro de la potencia económica nacional, efectuando un posicionamiento mediante la mejora de los estándares de calidad.

La implementación de programas de transferencia de embriones a gran escala puede generar empleo directo e indirecto en las industrias relacionadas, como clínicas veterinarias, laboratorios de reproducción animal, empresas de servicios genéticos y granjas de cría. Además, la demanda de personal capacitado en estas áreas puede fomentar la formación y capacitación de nuevos profesionales, contribuyendo al desarrollo del capital humano

Establecimiento de centros de reproducción y servicios especializados: Fomentar la creación de centros de reproducción y servicios especializados en transferencia de embriones bovinos, que cuenten con infraestructura adecuada, personal capacitado y equipos de última generación. Estos centros pueden ofrecer servicios de alta calidad a los productores ganaderos, incluyendo la recolección de embriones, la producción in vitro y la transferencia propiamente dicha.(García *et al.*, 2017)

Participación en ferias y eventos especializados: Promover la participación de productores ganaderos y expertos en transferencia de embriones en ferias y eventos especializados en el sector ganadero, tanto a nivel nacional como internacional. Estas plataformas brindan la oportunidad de mostrar los avances y logros en el campo de la transferencia de embriones, establecer contactos comerciales y compartir experiencias con otros profesionales del sector.

Investigación y desarrollo continuo: Incentivar la investigación y el desarrollo continuo en el campo de la transferencia de embriones bovinos, con el objetivo de mejorar las técnicas, optimizar los resultados y reducir los costos asociados.

## Referencias

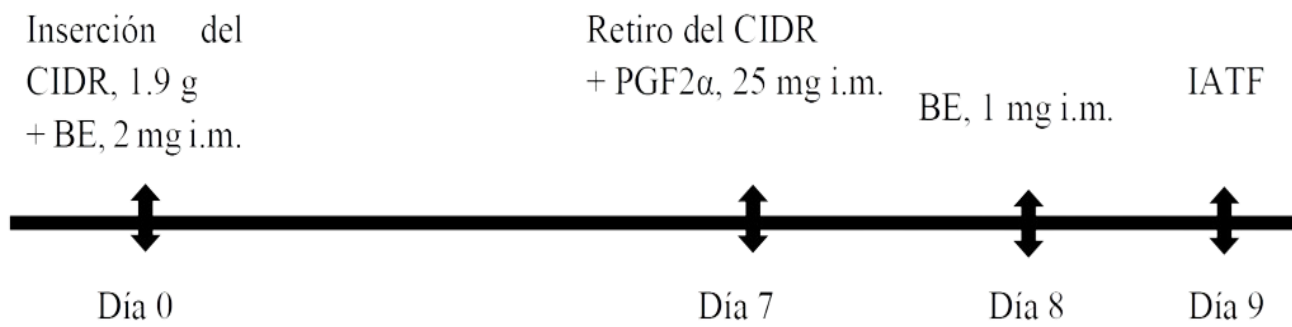
- Baertsoen, M., & Vété, U. de L. > M. méd. (2021). *Comparaison sur base des attentes et limites de l'éleveur entre programmes commerciaux de transfert embryonnaire et OPU-ICSI chez la jument*. 1-39. <https://doi.org/2268.2/11976>
- Beltrán López, L. C., & Danies Urquijo, E. (2020). *La dinámica del mercado internacional de la carne de res para el 2025: La nueva oportunidad para los ganaderos y los exportadores colombianos*. 1-115. <http://hdl.handle.net/10726/2463>
- Bora, S. (2022). Embryo sexing methods in bovine and its application in animal breed. *Journal of Animal Reproduction and Biotechnology*, 37, 80-86. <https://doi.org/10.12750/JARB.37.2.80>
- Dochi O. (2019). Direct transfer of frozen-thawed bovine embryos and its application in cattle reproduction management. *The Journal of reproduction and development*, 65(5), 389–396. <https://doi.org/10.1262/jrd.2019-025>
- Diniz, J. V., Ochoa, J. C., Montoya, L. M., Satrapa, R., Okuda, L. H., Pituco, E. M., Marcelino, R. R., & Oba, E. (2016). Immune-serological identification of infectious agents with influence on bovine embryo transfer in the north of Brazil. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 48(2), 145-152. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173047611002>
- eric, hallerman, Martina Newell-, M., Marca, L. T., & Farenkrug, S. (2016). *Estrategias para permitir la adopción de la biotecnología animal para mejorar de manera sostenible la inocuidad y seguridad alimentaria mundial | Solicitar PDF*. [https://www.researchgate.net/publication/303710892\\_Strategies\\_to\\_enable\\_the\\_adoption\\_of\\_animal\\_biotechnology\\_to\\_sustainably\\_improve\\_global\\_food\\_safety\\_and\\_security](https://www.researchgate.net/publication/303710892_Strategies_to_enable_the_adoption_of_animal_biotechnology_to_sustainably_improve_global_food_safety_and_security)

- Gallego, F., Mancheno, A., Miño, L., & Murillo, A. (2022). Bovine in vitro Embryo Production: State of the Art. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 2, 172-185. <https://doi.org/10.18502/epoch.v2i2.11192>
- García, E. V., Hamdi, M., Barrera, A. D., Sánchez-Calabuig, M. J., Gutiérrez-Adán, A., & Rizos, D. (2017). Bovine embryo-oviduct interaction in vitro reveals an early cross talk mediated by BMP signaling. *Reproduction (Cambridge, England)*, 153(5), 631-643. <https://doi.org/10.1530/REP-16-0654>
- García, E. V., Miceli, D. C., Rizo, G., Valdecantos, P. A., & Barrera, A. D. (2015). Effect of early addition of bone morphogenetic protein 5 (BMP5) to embryo culture medium on in vitro development and expression of developmentally important genes in bovine preimplantation embryos. *Theriogenology*, 84(4), 589-599. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.018>
- García y González, E. C., Mendoza Medel, G., Pineda Burgos, B. C., Romero Rodríguez, P. I., Hernández Ruiz, P. E., Vicente Pérez, R., Valencia Franco, E., & Ponce, J. L. (2019). Parity does not affect the reproductive response of Suizo Americano cows submitted to embryo transference in tropical areas of Guerrero. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(2), 109-117. <https://doi.org/vol.53, n.2, pp.109-117>. Epub
- Goicochea Vargas, J., Rondón Jorge, W., Acosta Pachorro, F., Gómez Marín, Y., Montalvo Martin, M., Salvatierra Alor, M., Martel Falcón, J., Zevallos, O. B., Zegarra, J. D., Fuster, M. R., Goicochea Vargas, J., Rondón Jorge, W., Acosta Pachorro, F., Gómez Marín, Y., Montalvo Martin, M., Salvatierra Alor, M., Martel Falcón, J., Zevallos, O. B., Zegarra, J. D., & Fuster, M. R. (2021). Efecto de dos medios de fertilización en el desarrollo in vitro de embriones bovinos criollos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(5), 1-9. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.18709>

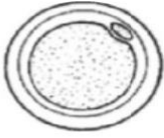
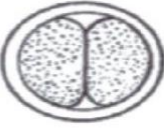
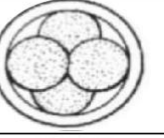
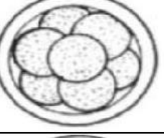
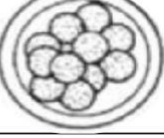
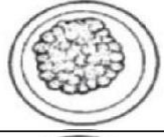


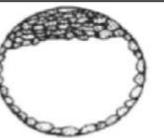
- Hamdi, M., Sánchez-Calabuig, M. J., Rodríguez-Alonso, B., Arnal, S. B., Roussi, K., Sturmei, R., Gutiérrez-Adán, A., Lonergan, P., & Rizos, D. (2019). Gene expression and metabolic response of bovine oviduct epithelial cells to the early embryo. *Reproduction*, *158*(1), 85-94. <https://doi.org/10.1530/REP-18-0561>
- Magata, F. (2023). Time-lapse monitoring technologies for the selection of bovine in vitro fertilized embryos with high implantation potential. *Journal of Reproduction and Development*, *69*, 1-28. <https://doi.org/10.1262/jrd.2022-131>
- Mucci, N., Aller, J. F., Kaiser, G. G., Hozbor, F., & Alberio, R. H. (2006). Producción in vitro de embriones bovinos: Suplementación de los medios de cultivo con suero. *Archivos de medicina veterinaria*, *38*(2), 97-104. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2006000200002>
- Neira-Rivera, E., Velásquez-Penagos, J. G., Cardozo-Cerquera, J. A., Velásquez-Penagos, J. H., Gutiérrez-Parrado, S. L., & Herrera-León, R. F. (2023). Morfometría de ovarios, folículos y su relación con la calidad oocitaria en bovinos<sup>1</sup>. *Agronomía Mesoamericana*, *34*(1), 1-13. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50156>
- Nguyen, K., Pham, T., Hoang, T., Luu, Q., & Pham, D. (2023). Influence of fetal calf serum on the production of bovine embryos in vitro. *Ministry of Science and Technology, Vietnam*, *65*, 76-80. [https://doi.org/10.31276/VJSTE.65\(1\).76-80](https://doi.org/10.31276/VJSTE.65(1).76-80)
- Perez G, U., Gonzáles G, E., Huayta A, R., Apaza T, M., Quispe B, Y., & Pérez D, M. (2019). Factores que afectan la transferencia de embriones de alpacas (*Vicugna pacos*) a llamas (*Lama glama*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *30*(4), 1645-1652. <https://doi.org/10.15381/rivep.v20i4.17276>
- Rodrigues, C. A., Teixeira, A. A., Ferreira, R. M., Ayres, H., Mancilha, R. F., Souza, A. H., & Baruselli, P. S. (2010). Effect of fixed-time embryo transfer on reproductive efficiency in

- high-producing repeat-breeder Holstein cows. *Animal Reproduction Science*, 118(2-4), 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.06.020>
- Sánchez, B. A., & Pinilla Quiroga, L. (2021). *Técnicas de biotecnología reproductiva para obtención de embriones bovinos*. biotecnología reproductiva en bovinos. <https://repository.ucc.edu.co/items/2c946231-4192-4751-a979-df3c7169a01c>
- Sánchez, B. A., & Quiroga, L. P. (2021). *TÉCNICAS DE BIOTECNOLOGÍA REPRODUCTIVA PARA OBTENCIÓN DE EMBRIONES BOVINOS*. 1-22. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/718e44ac-dc4b-4ce3-8d0a-ca1de409d4ff/content>
- Saragusty, J., Ajmone-Marsan, P., Sampino, S., & Modlinski, J. A. (2020). Reproductive biotechnology and critically endangered species: Merging in vitro gametogenesis with inner cell mass transfer. *Theriogenology*, 155, 176-184. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.06.009>
- Valdecantos, P. A., Bravo Miana, R. D. C., García, E. V., García, D. C., Roldán-Olarte, M., & Miceli, D. C. (2017). Expression of bone morphogenetic protein receptors in bovine oviductal epithelial cells: Evidence of autocrine BMP signaling. *Animal Reproduction Science*, 185, 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.08.006>
- Vera Cedeño, A., & Bo, G. (2022). Insemination and embryo transfer programs: Effect of estrous on pregnancy and embryonic and fetal losses in bovine. *SPERMOVA*, 12, 92-99. <https://doi.org/10.18548/aspe/0010.14>

## **Anexos**



**Figura 1;** Protocolo general de la sincronización astral en vacas y novillas con IATF. (Rosete Fernández *et al* 2021)

<b>Secuencia de desarrollo</b>	<b>Horas desde el inicio del estro</b>	<b>Días desde el inicio del estro</b>	<b>ilustración</b>
Estro	0	0	
Ovulación	30 a 32	1	
Fecundación	33		
2 células	46 a 56	2	
4 células	50 a 66	3	
8 células	60 a 90	4	
16 a 32 células	90 a 125	5	
Morula (30 a 64 células)	20 a 145	6	
Blastocisto joven	140 a 75	7	
Blastocisto expandido	170 a 210	8 a 9	
Blastocisto eclosionado			

**Figura 2.** dinámica del desarrollo embrionario, (Neira-Rivera *et al.*, 2023) Evaluación morfológica:

Se examina:

- la forma
- tamaño y apariencia general del embrión
- buena estructura celular
- masa celular interna bien definida
- zona pelúcida intacta.