

# Selección y cruzamiento con toros de alta genética

Mejoramiento genético para productores de  
ganado de carne

Editor  
Samir Julián Calvo Cardona



# Selección y cruzamiento con toros de alta genética

Mejoramiento genético para productores de  
ganado de carne



## Catalogación en la publicación – Universidad Católica de Oriente

Selección y cruzamiento con toros de alta genética: mejoramiento genético para productores de ganado de carne / editor Samir Julián Calvo Cardona -- Rionegro (Antioquia) : Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente, 2024

43 páginas: ilustraciones, gráficos y tablas, 24 cm.

Referencias bibliográficas al final de cada capítulo

eISBN 978-958-5518-73-5

1.Ganado vacuno -- Reproducción -- Antioquia, Colombia 2.Mejoramiento animal 3.Cruzamiento i.Calvo Cardona, Samir Julián (editor - autor) ii.Echeverri, Felipe (autor) iii.Londoño Cartagena, Daniel (autor) iv.Cataño Graciano, Sandra (autor) v.Delgado Taborda, Cristian (autor) vi.Universidad Católica de Oriente. Facultad de Ciencias Agropecuarias vii.Angus & Brangus Colombia

SCCD 636.2081 23

Archivo descargable en formato MARC en: <https://tinyurl.com/uco0058>



© Universidad Católica de Oriente

ISBN (Digital) 978-958-5518-73-5

**Primera edición:** diciembre de 2020

### Editor

Samir Julián Calvo Cardona

### Revisión de textos

Julián Acosta Gómez

Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente

### Diseño y diagramación

Divegráficas S.A.S.

### Editado por

Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente

Sector 3, Carrera 46 n.º 40B-50

054040 Rionegro (Antioquia)

fondo.editorial@uco.edu.co

### Autores

Samir Julián Calvo Cardona

Felipe Echeverri

Daniel Londoño Cartagena

Sandra Cataño Graciano

Cristian Delgado Taborda



Se permite la reproducción del libro o de sus contenidos, siempre y cuando se dé el debido crédito a los autores y a la Universidad Católica de Oriente.

# Contenido

---

<b>Prólogo</b> .....	5
<b>Caracterización de la vacada</b> .....	7
<b>Aptitud cárnica</b> .....	7
<i>Cuña lateral</i> .....	7
<i>Cuña anterior</i> .....	9
<i>Cuña dorsal</i> .....	9
<b>Aptitud lechera</b> .....	11
<i>Cuña lateral</i> .....	11
<i>Cuña anterior</i> .....	12
<i>Cuña dorsal</i> .....	13
<b>Selección y cruzamiento</b> .....	14
<i>Heterosis vigor híbrido</i> .....	14
<b>Selección de un buen toro para leche o carne</b> .....	15
<b>La forma adecuada de interpretar las     DEP y las PTA</b> .....	16
<b>Características de mayor importancia económica para evaluar genéticamente en ganado de leche y carne</b> .....	17
<b>Características para medir y mejorar en ganado de carne</b> .....	17
<b>Características para medir y mejorar en ganado de leche</b> .....	18

<b>Aplicación de herramientas de biotecnología reproductiva en la ganadería de carne</b> .....	21
<b>Inseminación artificial convencional (IA)</b> .....	21
<i>Detección del celo</i> .....	23
<b>Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)</b> .....	27
<i>El objetivo de la sincronización del celo en la IATF</i> .....	28
<i>Resincronización</i> .....	29
<i>Inducción a la ciclicidad</i> .....	30
<b>Equipos necesarios para la inseminación artificial</b> .....	30
<b>Pasos para la inseminación artificial</b> .....	31
<i>Descongelamiento de la pajilla</i> .....	31
<i>¿Cómo cargar el aplicador?</i> .....	32
<b>Protocolo de inseminación artificial</b> .....	33
<i>El cérvix: referencia para inseminar una vaca</i> .....	35
<b>Referencias</b> .....	41

# Prólogo

---

La producción bovina es una práctica milenaria que consta de la cría y el manejo de vacunos de leche y carne con el fin de aprovechar sus productos para la alimentación humana (Giberti, 1985). La ganadería bovina se practica a lo largo y ancho del mundo por sus múltiples beneficios como la capacidad de trabajo del animal, su carne, su leche, su cuero y otros subproductos que se pueden obtener y aprovechar (Ruiz y Yoshimar, 2016). América Latina es un gran productor de carne bovina y es la región que más la exporta a nivel mundial; en Colombia la ganadería de carne es considerada uno de los renglones socioeconómicos más importantes para el desarrollo del sector agropecuario, dada su representativa contribución al Producto Interno Bruto (PIB) nacional y agropecuario (Ledesma, Gallego y Peláez, 2002). Por esta razón, se han implementado nuevas alternativas para acrecentar la productividad y eficiencia de la ganadería bovina; herramientas como la selección y el cruzamiento están disponibles para hacer mejoramiento genético animal y permiten realizar cruzamientos entre razas que aumentan la productividad rápidamente (Madalena, 2001). Hay diferentes herramientas de biotecnología reproductiva para lograr el mejoramiento genético, como lo son la Inseminación Artificial Convencional (IA) y la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF). Esta primera ha sido una de las más significativas en el mejoramiento genético de la ganadería; además, ha tenido importantes aportes en el aumento de los índices de producción en diferentes partes del mundo (Huanca, 2001). La IA ha sido usada como uno de los métodos para extender rápidamente genes beneficiosos en una población, al buscar siempre aumentar la calidad genética de los hatos (Giraldo, 2007). La Universidad Católica de Oriente (UCO), desde la Facultad de Ciencias Agropecuarias, siendo coherente con su compromiso social en la región del Oriente antioqueño y Colombia, ha venido desarrollando proyectos de extensión con la participación de las comunidades rurales más vulnerables, por medio de la transferencia de tecnología, y vinculando al sector privado, en este caso en el mejoramiento del ganado de carne y leche, mediante cruces con razas puras especializadas. Esta obra de divulgación fue realizada con la intención de impactar con

tecnologías asequibles a pequeños ganaderos. Es importante divulgar de forma práctica, las herramientas de reproducción y mejoramiento de fácil aplicación; por esta razón, este manual ayuda a los productores a entender, de la forma más simple, los procesos de selección y cruzamiento. Este libro va encaminado hacia el mejoramiento de la producción y, por consiguiente, de las condiciones socioeconómicas de los campesinos ganaderos. A continuación, nos adentraremos en las formas más sencillas para seleccionar animales que mejoren la producción de campesinos criadores de ganados comerciales.

---

## Caracterización de la vacada

---

A simple vista, se puede determinar si un bovino tiene aptitud cárnica o lechera al ubicar cuñas en determinadas partes del animal; las cuñas son líneas imaginarias que nos ayudan a determinar la vocación productiva del animal, con estas se pueden definir si el animal se acerca al prototipo ideal de un individuo de carne o de leche. Esta actividad nos puede llevar a la selección morfológica —es decir, corporal— y con esta valoración podemos proceder con la toma de decisiones como el descarte de algunos animales dependiendo del objetivo productivo que se tenga.

### **Aptitud cárnica**

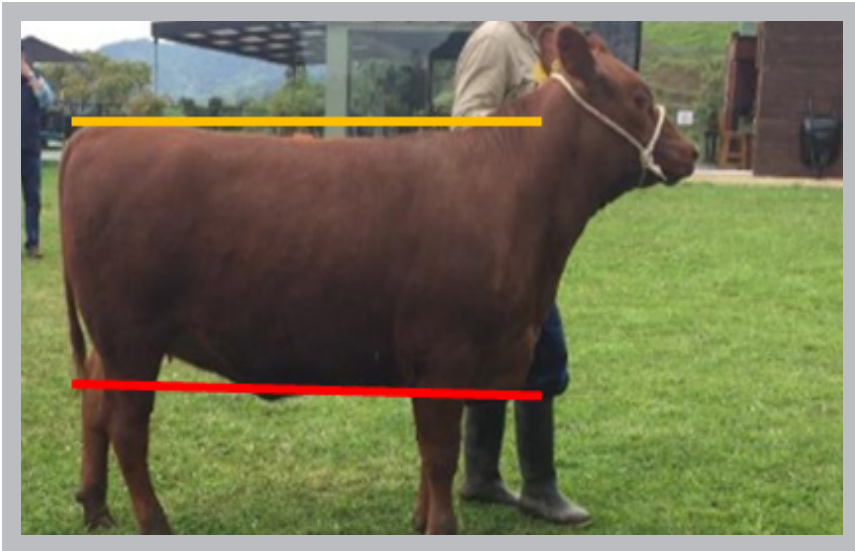
#### *Cuña lateral*

Para establecer esta cuña se observa al animal de manera lateral, imaginamos dos líneas distribuidas de la siguiente manera: la primera pasa por todo el dorso del animal (lomo) y la segunda se ubica pasando por la base del tórax y la base del ombligo como se muestra en las figuras 1 y 2. Mientras más separadas estén las líneas imaginarias, más capacidad torácica, abdominal y del anca podemos obtener, lo que nos permitirá cargar mayor cantidad de carne, esto también significa una mayor capacidad de pulmones y corazón; asimismo debe observarse una capacidad abdominal, de vientre o de barril donde quepa un buen sistema digestivo que pueda transformar las pasturas, que son la base alimenticia de los rumiantes, en carne de buena calidad.



**Figura 1**

Gráfica de la cuña lateral en una hembra de la raza Angus rojo.



**Figura 2**

Ejemplo de medición de la cuña lateral en una hembra adulta de la raza Angus negro.



### *Cuña anterior*

Para la cuña anterior, se observa al animal de frente y se trazan dos líneas partiendo desde la articulación del encuentro de la punta del hombro (escapulohumeral), ambas líneas se van separando la mayor distancia posible; de esta forma podemos decir que un animal con un cuello y una cruz amplios denota buena musculatura (ver Figura 3). Entre más distancia de las dos líneas, hay más capacidad de pulmones y corazón para purificar y bombear la gran cantidad de sangre que lleva los nutrientes a las diversas regiones del animal y por ende, posee mayor aptitud cárnica el ejemplar.

### **Figura 3**

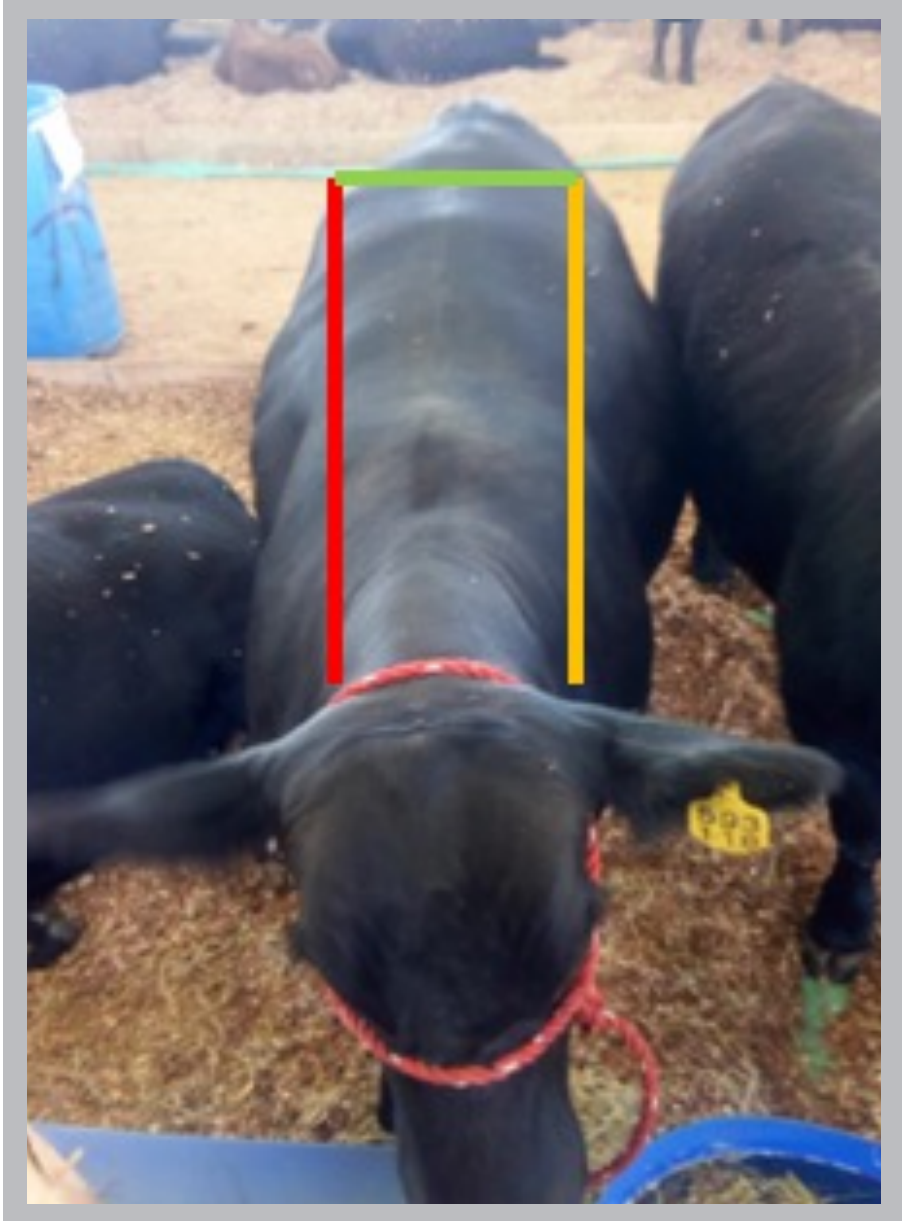
Ejemplo de la medición de la cuña anterior en una hembra joven de la raza Angus negro.



### *Cuña dorsal*

Se debe observar al animal desde un punto alto, trazando imaginariamente dos líneas distribuidas de la siguiente manera: desde la espalda hasta el brazuelo (ver figuras 4 y 5). Mientras las líneas imaginarias se abran más en la pelvis, se puede suponer que habrá mayor capacidad de producir carne en el tren posterior, se podrá alojar una cría grande, fuerte, sana y esto facilitará el parto por tener sus caderas separadas.

**Figura 4**  
Ejemplo de la evaluación de la cuña dorsal en una hembra joven de la raza Angus negro.



**Figura 5**

Conformación vista lateral de un macho angus negro adulto.



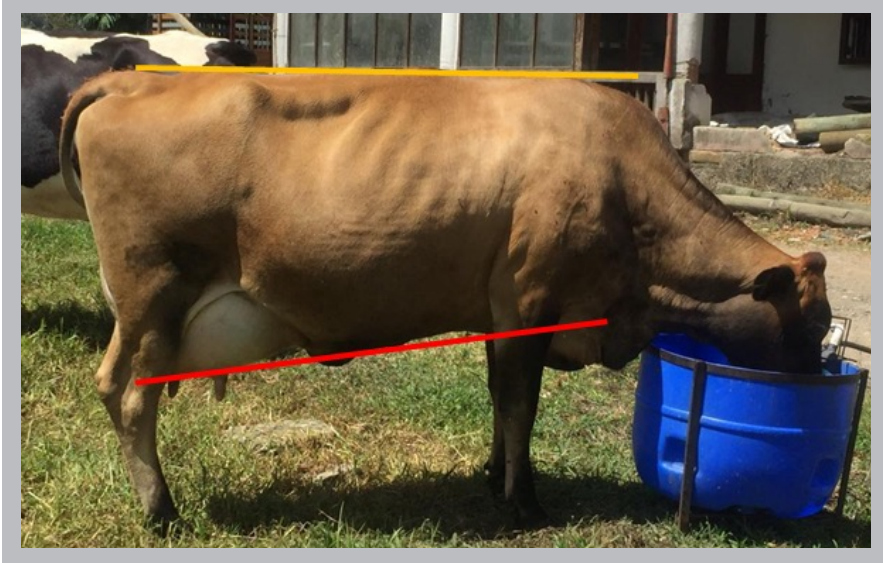
## **Aptitud lechera**

### ***Cuña lateral***

Para identificar la cuña lateral, se mira al animal desde una posición lateral y se trazan dos líneas imaginarias, una por todo el dorso del animal y la otra desde la base del tórax hasta la base de los pezones (ver Figura 6). Cuanto más abiertas sean las líneas, mayor será la capacidad abdominal, torácica y del sistema mamario; además, el animal tendrá un sistema cardiorrespiratorio más desarrollado para purificar y bombear la gran cantidad de sangre que debe pasar por el sistema mamario para producir leche; asimismo, tendrá una capacidad abdominal para albergar un buen sistema digestivo que le aporte los nutrientes requeridos para producir un buen volumen de leche. Si tenemos un buen espacio para acoger una ubre de buen tamaño, la vaca estará en capacidad morfológica y estructural de producir.

**Figura 6**

Medición de la cuña lateral en una vaca de leche Jersey adulta.



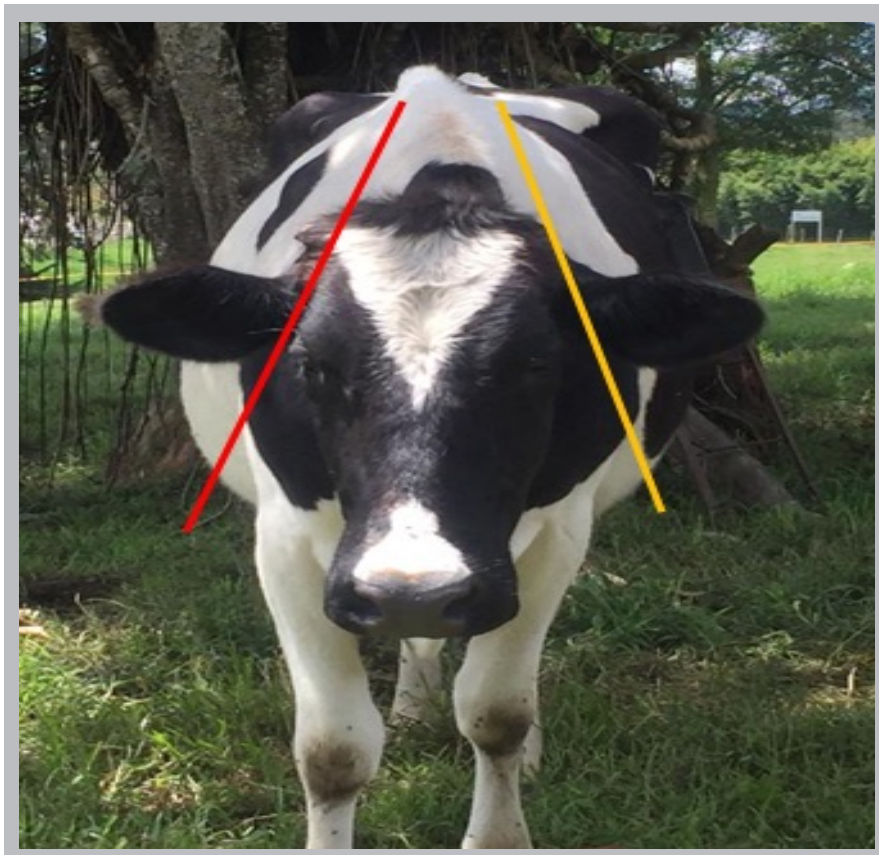
**Nota.** La base de la ubre no debe rebasar el corvejón: ubre colgante o pendulosa.

### *Cuña anterior*

Para la cuña anterior, se mira el animal imaginando dos líneas que parten de la articulación del encuentro o escapulohumeral y tratan de encontrarse o tocarse en la región de la cruz (ver Figura 7). Mientras más amplio sea el ángulo, la vaca tendrá mayor temperamento lechero, ya que muestra una buena capacidad torácica, de pulmones y de corazón para purificar y bombear la gran cantidad de sangre que debe pasar por el sistema mamario para producir leche.

### **Figura 7**

Ejemplo de cuña anterior como herramienta para medir la angularidad en una vaca de leche de la raza.

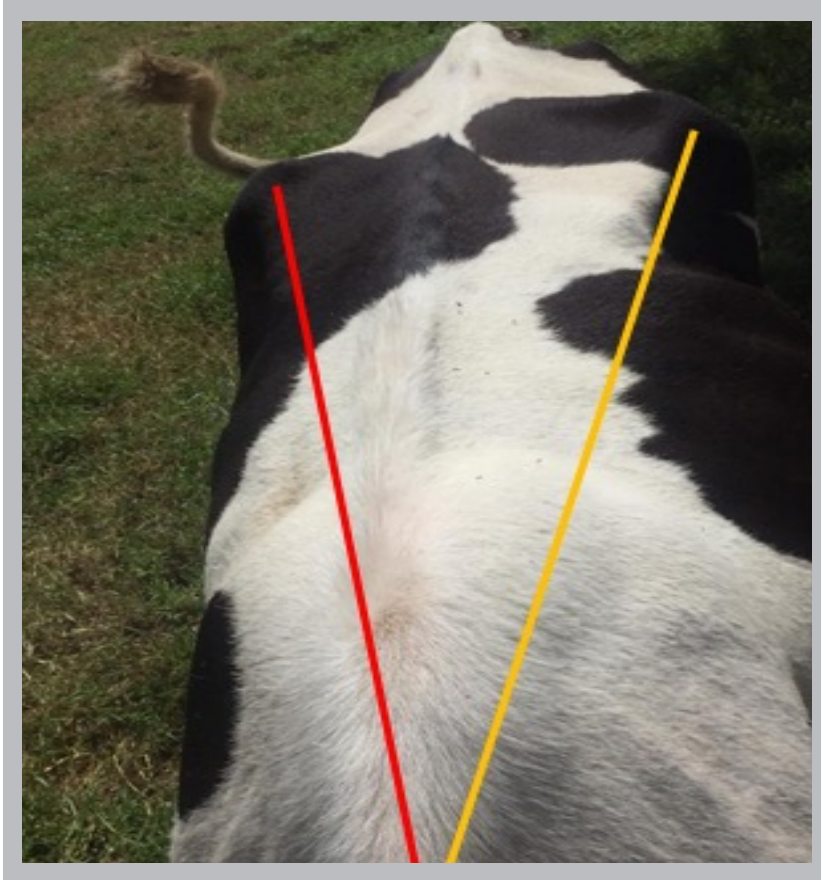


### ***Cuña dorsal***

Para establecer la cuña dorsal se debe observar al animal desde un punto alto donde sea posible ubicar las dos líneas imaginarias que parten de las tuberosidades coxales de la pelvis o cadera y se dirigen hasta la cruz donde se unen (ver Figura 8). Mientras más se abra la cuña en la pelvis, habrá más capacidad de acomodar una ubre de gran capacidad y la vaca podrá desarrollar el potencial para producir grandes cantidades de leche; habrá mayor capacidad para alojar una cría grande, fuerte y sana; y habrá mayores facilidades para el parto, ya que tendrá los isquiones lo suficientemente separados para ello.

**Figura 8**

Ejemplo de cuña dorsal como herramienta para medir la angularidad en una vaca de leche de la raza Holstein.



## Selección y cruzamiento

### *Heterosis: vigor híbrido*

La heterosis es la superioridad o inferioridad en la producción que tienen los animales cruzados comparados con el promedio de sus padres de raza pura. Tras el cruce entre dos razas puras, su descendencia manifestará heterosis individual (gran proporción de genotipos heterocigotos en los diferentes genes); si la madre es cruzada, la heterosis materna se mostrará en la mejora, principalmente en rasgos de adaptación y habilidad materna; y si el macho es cruzado, la heterosis paterna afectará la libido y los caracteres de producción.

En este orden de ideas, establecer un buen sistema de cruzamiento puede generar animales con mayor variabilidad genética, posiblemente más resistentes y rústicos para las condiciones de ganadería en el trópico.

La heterosis o vigor híbrido es una herramienta de mejoramiento genético que, con recursos genéticos adaptados al medio productivo incrementa en un corto y mediano plazo la mayoría de indicadores de producción, especialmente los que son de mayor importancia económica como la fertilidad y la supervivencia. A continuación, pondremos dos ejemplos prácticos de cruzamiento y heterosis:

### *Ejemplo 1*

El Guirolando es una raza sintética, resultado del cruce entre Gyr y Holstein; este cruce tiene gran heterosis ya que se adapta mejor que la Holstein pura a climas cálidos y produce más leche y de mejor calidad que la raza pura Gyr.

### *Ejemplo 2*

El Brangus es una raza sintética, resultado del cruce entre Brahman y Angus; este cruce tiene gran heterosis ya que se adapta mejor que el Angus puro a climas cálidos y crece más rápido y produce carne de mejor calidad que la raza pura Brahman.

## **Selección de un buen toro para leche o carne**

Para seleccionar un buen toro se deben tener en cuenta cuáles son las características que se quieren mejorar en las futuras generaciones, es decir, establecer un objetivo productivo; para esto hoy en día se cuenta con las DEP (Diferencia esperada en la progenie para ganado de carne) y las PTA (Habilidad predicha de transmisión para ganado de leche) que son unas herramientas de selección para hacer mejoramiento genético en carne y leche.

Las DEP, como concepto, son la diferencia que se espera encontrar en un animal cuando se compara con el promedio de su población de origen en términos de una característica de importancia económica; es así como una DEP puede estar por encima o por debajo del promedio y es por esto que los valores pueden ser positivos o negativos. Las PTA, como concepto, significan



lo mismo que las DEP, la diferencia radica en que las PTA son valores para rasgos de leche que solo se puede medir en las hijas y no en la progenie (machos y hembras) como pasa en las DEP.

Las DEP y Las PTA se expresan en la misma unidad de la característica (kg, litros de leche, porcentaje de grasa en leche, área del ojo del lomo en cm) y su importancia radica en su valor como herramienta de comparación entre animales con el objetivo de identificar individuos genéticamente superiores para estos rasgos y que estos animales sean los reproductores padres y madres de las siguientes generaciones mejoradas (Montes, Vergara y Barragán, 2011).

## **La forma adecuada de interpretar las DEP y las PTA**

Las DEP y Las PTA cobran importancia a la hora de tomar una buena decisión en cuanto a los animales que deben perpetuar sus genes y cuáles deben ser descartados; esto como una estrategia para aumentar el progreso genético en los rasgos de importancia económica que se quieren mejorar en el marco de un programa exitoso de mejoramiento genético.

Por ejemplo, en el caso del ganado de carne, si se compara un animal que tiene una DEP negativa de -2 kg (Toro A) para peso al nacimiento, con un animal que tiene una DEP positiva de +2 kg (Toro B) para esta misma característica, y el promedio de la población evaluada para este rasgo es de 30 kg, quiere decir que la descendencia del Toro A va a ser en promedio más liviana que la del Toro B: Toro A disminuye el peso al nacimiento promedio en 2 kg, o sea 28 kg en su progenie; mientras que el Toro B aumenta el peso promedio en el nacimiento, es decir aproximadamente 32 kg.

En el caso del ganado de leche, si por ejemplo un animal tiene un PTA negativa de -3 litros (Toro A) para producción de leche por día y se compara con un animal que tiene una DEP positiva de +5 litros (Toro B) para esta misma característica, y el promedio de la población evaluada para este rasgo es de 14 litros por animal al día, quiere decir que las hijas del Toro A van a producir en promedio menos leche por día que las hijas del Toro B. Siendo así, el Toro A disminuye el promedio de producción de leche vaca día en 3 litros, o sea que queda en 11 litros por vaca al día; mientras que el toro B aumenta la producción de leche en 5 litros, es decir aproximadamente 19 litros por vaca al día.

---

## **Características de mayor importancia económica para evaluar genéticamente en ganado de leche y carne**

---

### **Características para medir y mejorar en ganado de carne**

- La primera característica para tener en cuenta es el peso al nacer, que se mide en kilogramos. Está correlacionado con la facilidad de parto: los valores muy altos se asocian a distocias u otras complicaciones en el parto y los valores bajos pueden causar muerte de los terneros por debilidad.
- También es importante el peso al momento del destete directo, pues está asociado a la capacidad de crecimiento del ternero en el período comprendido entre el nacimiento y el destete del ternero.
- Por otro lado, es importante hacer control de la producción de leche de las madres, ya que esta característica influye en el crecimiento y desarrollo del ternero de carne.
- La habilidad lechera para destetar está asociada a la diferencia entre producción lechera y habilidad materna de las hembras, esta se expresa en los kilogramos del ternero al momento del destete.
- El peso a los 16 o 18 meses, que igualmente se expresa en kilogramos, está relacionado con la capacidad de crecimiento del ternero en el período posdestete.

- El peso al año y el peso al sacrificio son pesos estimados a la edad adulta de los animales.
- La circunferencia escrotal está genéticamente y fenotípicamente correlacionada con la cantidad y calidad de semen producido en los machos.
- El área del ojo del lomo, expresada en centímetros, es la sección transversal del músculo Longissimus dorsi (bife) medida a los 18 meses mediante ultrasonografía a la altura de la 12.<sup>a</sup> costilla. Se correlaciona con mayor rendimiento en canal.
- El espesor de grasa subcutánea, que se expresa en milímetros, consiste en la medida del espesor de la grasa subcutánea mediante ultrasonografía a la altura de la 12.<sup>a</sup> costilla a los 18 meses de edad.
- El porcentaje de grasa intramuscular o marmoreo se puede medir en la canal o por métodos no invasivos por medio de ultrasonografía.
- La precocidad es la estimación de la velocidad de crecimiento del animal; es decir, cuando una menor edad llega a un peso adulto. Es importante para establecer parámetros de eficiencia como la edad al primer servicio en las hembras y la edad óptima de sacrificio en machos y hembras comerciales.
- Las características bovino-métricas o de tipo son importantes a la hora de evaluar y seleccionar un animal funcional para la producción de carne.

## **Características para medir y mejorar en ganado de leche.**

- La producción de leche es el objetivo productivo en las ganaderías de leche y doble propósito, por esto es importante realizar control lechero.
- Para determinar la calidad de la leche, se deben medir los porcentajes y los contenidos de grasa, proteína y sólidos totales en la leche por cada vaca; si es posible, el nitrógeno ureico en leche (prueba MUN) y el contenido de antibióticos en leche.

- Por otro lado, medir la edad del primer parto permite identificar animales más precoces que pueden empezar apresuradamente su vida productiva y, por consiguiente, generar rentabilidad más rápida. Se debe medir en ganado de leche y de carne.
- En este orden de ideas, el intervalo entre partos, que es el tiempo que pasa desde que la vaca pare por primera vez hasta que se preña y pare de nuevo, es un indicador de problemas reproductivos si este índice es muy alto. Se debe medir en ganado de leche y de carne.
- Los días abiertos corresponden al intervalo entre partos y la duración de la lactancia, también son indicativo de problemas reproductivos cuando son muy altos. Se debe medir en ganado de leche y de carne.
- Las características bovino-métricas o de tipo son importantes a la hora de evaluar y seleccionar un animal funcional para la producción de leche.

Para la aplicación de la selección y el cruzamiento en ganaderías de carne y leche es necesario tener en cuenta no solo las DEP y las PTA de los toros, sino también bajo qué herramientas biotecnológicas se realizará la reproducción de los mejores animales; es importante dar a conocer que actualmente existen biotecnologías reproductivas que mejoran la producción en poco tiempo. A continuación, se describen y explican algunas de las herramientas de biotecnología de la reproducción más asequibles y fáciles de usar para los pequeños productores ganaderos.

---

*La heterosis o vigor híbrido es una herramienta de mejoramiento genético que, utilizándola de una buena manera, con recursos genéticos adaptados al medio productivo, incrementa en un corto y mediano plazo la mayoría de indicadores de producción, especialmente los que son de mayor importancia económica como la fertilidad y la supervivencia.*

---

---

# Aplicación de herramientas de biotecnología reproductiva en la ganadería de carne

---

## Inseminación Artificial Convencional (IA)

Este método consiste en depositar una cantidad mínima de semen (pajilla mínima con 25 millones de espermatozoides), ya sea fresco o descongelado, en el útero de un vientre productivo. El objetivo principal de la inseminación artificial es hacer que el mejoramiento genético y productivo sea más rápido y con mayor control (ver Figura 9). En la tabla 1 se presentan las ventajas y desventajas del uso de la IA en ganado de carne y leche.

**Figura 9**

Objetivo de la inseminación artificial como herramienta de mejoramiento genético en ganaderías de carne y leche.



**Tabla 1**

Ventajas y desventajas de la inseminación artificial en vacunos de carne para mejoramiento genético de los hatos de carne y leche.

Ítem	Ventajas	Desventajas
Mejoramiento genético	Permite usar toros probados de alto valor genético; además de semen sexado con poca probabilidad de aumentar la consanguinidad y las enfermedades reproductivas.	Inapropiada rutina de detección de celos: exige que el productor sea más riguroso a la hora de detectar calores (Capacitación del personal).
Transporte de material genético	Es más económico transportar semen de la genética deseada que el toro.	Reducción de vacas cíclicas en el periodo postparto.
Preservación del semen	Se puede tener semen durante muchos años, hasta de animales que ya han muerto.	Inversión inicial alta.
Periodo de servicio en los vientres	Hay una reducción en el periodo de servicio en los vientres, esto permite mejorar edades al primer parto y persistir en intervalos entre partos.	Ejecución y aplicación de la herramienta.
Contacto entre macho y hembra	No hay contacto directo entre el macho y la hembra, lo que permite que se prevengan y controlen enfermedades de transmisión sexual.	
Manejo de registros	La técnica exige un manejo de registros, lo que nos permite ser más organizados, y tener criterios a la hora de tomar decisiones.	

**Nota.** Elaboración propia.

Para aplicar de manera adecuada la inseminación artificial convencional se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

### *Detección del celo*

Inicialmente, con el objetivo de tener un intervalo entre partos lo más cercano a los 12 meses, se debe reconocer cuándo la vaca está en celo y determinar el momento preciso para inseminarla. Es recomendable que se realice el mayor número de observaciones al día para detectar animales en celo, al observar dos veces al día, a intervalos de 11 a 13 horas, se podrán observar más del 75% de las vacas que entran en celo; y tres o cuatro periodos de observación intensa de 20 a 30 minutos permitirán advertir más del 95 % de los animales que están en celo. En general, el celo o calor dura en promedio 10 horas.

El técnico encargado debe preparar el material genético (semen) y todo el equipo para el procedimiento de la técnica, esto con el objetivo de hacer una buena selección de la raza para introducir en el hato y de las herramientas necesarias para tener un resultado positivo al momento del chequeo ginecológico.

También es necesario hacer una revisión periódica del termo, de los insumos y materiales necesarios. Los momentos óptimos para observar vacas en celo son:

- De 5:00 a. m. a 8:00 a. m.
- Tarde en la mañana (11:00 a. m.) y temprano en la tarde (1:00 p. m.).
- Al final de la tarde (6:00 p. m. en adelante).

Estos momentos coinciden con la mayor frecuencia de montas.

Algunas señales que un animal puede mostrar hasta 48 horas antes de entrar en celo estable son: tratar de montar animales que no están en celo; recostar la cabeza sobre el lomo de otros animales; las vacas en celo caminan nerviosas al lado de las cercas y mugen frecuentemente, los labios de la vulva comenzarán a inflamarse y pasarán de su color rosa pálido a rosa



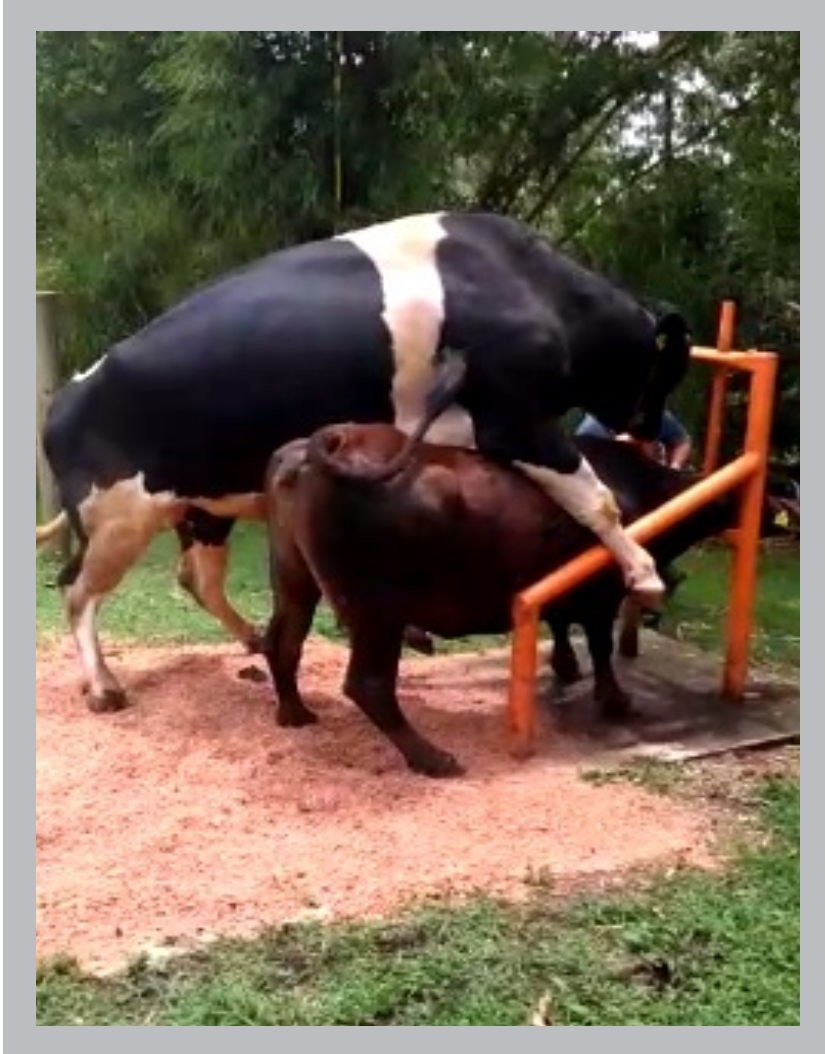
oscuro o rojo (ver Figura 10); también es posible que el animal orine con mayor frecuencia o pase más tiempo caminando que echado rumiando. Reconozca las señales de celo. Por regla general, la vaca que se mantiene quieta y deja que otro animal la monte es la que está en celo estable (ver Figura 11).

**Figura 10**  
Labios de la vulva de una vaca en celo



**Figura 11**

Fenómenos fisiológicos y de comportamiento que indican que la hembra está en calor.



Estas señales determinarán el momento en que debe hacerse la inseminación, puesto que la ovulación ocurre 25 a 30 horas luego de la primera monta. En la Tabla 2 se presentan las características del celo importantes para una buena detección del mismo.

**Tabla 2**  
Características del celo en vacas.

Celo temprano	Celo estable	Celo tardío
Coloca la cabeza en el dorso de otras vacas.	Se deja montar.	Trata de montar a sus compañeras.
Trata de montar a sus compañeras.	Se pueden observar pelos encrespados en la raíz de la cola.	Pone su cabeza en el dorso de otras vacas.
Huele y lame los genitales de otras vacas.	Hay saliva en el dorso.	Huele y lame los genitales de otras vacas.
Orejas erectas.	Pueden estar sucias en los costados.	La vulva está seca, con arrugas y la mucosa está pálida.
Camina mucho.	El momento en que la vaca es montada por primera vez sin oponer resistencia es la hora cero.	Puede haber sangre en la cola y en las patas.
Muge con mayor frecuencia.	Se deben inseminar las vacas de 8 a 12 horas luego de mostrar estos signos de celo estable.	Topará cabeza con otras vacas.
Orina frecuentemente.		
Los labios de la vulva están hinchados y tienen un color rosa oscuro o rojo.		
Se nota moco transparente en la vulva, cola o patas.		

**Nota.** Elaboración propia.

## Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF)

Se denomina inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) a la inducción de la ovulación de forma sincronizada a través de un protocolo hormonal con el fin de que todas las hembras que van a entrar a un programa de apareamiento estén en celo y puedan ser inseminadas al mismo tiempo (Graaff et al., 2018). En la siguiente tabla se presentan las ventajas y desventajas de la IATF:

**Tabla 3**

Ventajas y desventajas de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo.

Ventajas	Desventajas
Elimina la detección de celo.	Mayor personal para la ejecución de trabajo.
Inducción a la ciclicidad de hembras postparto.	Aumento en el tiempo de trabajo por individuo (Depende del protocolo).
Lotes homogéneos y en grandes cantidades.	
Mejoramiento en parámetros zootécnicos.	
Beneficio económico.	
Optimización de la mano de obra.	
Programación de la finca.	
Diversidad de material genético nacional e internacional.	
Elimina el contacto directo entre el macho y la hembra, con lo que se previenen enfermedades de transmisión venérea (Vibriosis y Tricomoniasis, leptospirosis, rinotraqueitis infecciosa, PI3, brucelosis) y otras.	

**Nota.** Elaboración propia.

El ciclo estral del bovino es poliéstrico no estacional, con ciclos de 21 días en promedio (rango 17-24 días). Los ciclos reproductivos y sus cambios están regulados por la interacción del sistema nervioso central con las hormonas del hipotálamo (hormona liberadora de gonadotropina GnRH), la pituitaria anterior (hormona folículo estimulante FSH y hormona luteinizante LH), los ovarios (progesterona P4, estrógenos E2 e inhibinas) y el útero (prostaglandina PgF2 $\alpha$ ) que son las responsables de generar el celo y mantener una preñez (Suarez y Andrey, 2020).

Hay diferentes elementos a tener en cuenta en una hembra para que sea apta para un programa de IATF:

- El PEV (Periodo de espera voluntario o Involución uterina) es el tiempo que pasa desde que la vaca pare hasta que su aparato reproductivo está dispuesto física y fisiológicamente para ser servida de nuevo.
- La condición corporal de la vaca no debe ser menor a 2,5 ni mayor a 4,0 en una escala de 0 a 5.
- En el factor Nutricional deben tenerse en cuenta la sal mineralizada, los buenos pastos en cantidad y calidad como también agua de buena calidad y disponibilidad.
- El peso y edad en novillas depende de la raza y debería ser cuando la hembra alcance el 65% de su peso adulto (Aproximadamente 350 kg).
- La sanidad, pues se deben tener en cuenta enfermedades reproductivas.

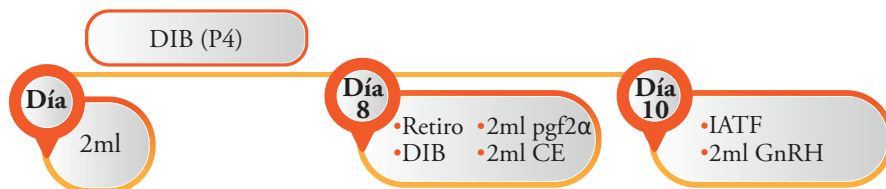
### ***El Objetivo de la Sincronización del Celo en la IATF***

El objetivo de la sincronización de las vacas es que todas entren en calor al mismo tiempo, esto facilita el manejo zootécnico y reproductivo de la inseminación; además, económicamente se pueden obtener más beneficios a la hora de criar, levantar y poner en producción lotes de ganado más homogéneos y de edades contemporáneas.

Las fases, grosso modo, sugeridas por los expertos son la sincronización de la onda de crecimiento folicular, seguida del control de la fase lutéica o crecimiento folicular; y por último, la inducción a la sincronización de la ovulación. El protocolo sugerido para la sincronización de las vacas se realiza de la siguiente manera: en el día 0, el dispositivo de progesterona + 2 ml de Benzoato de estradiol; en el día 8, el retiro de dispositivo + 2 ml de PGF2 $\alpha$  + 2 ml eCG 300 UI. En el día 10, la IATF + 2.5 ml de GnRH. Este proceso se muestra en la Figura 12.

**Figura 12**

Protocolo de sincronización hormonal para inseminación artificial en vacunos cruzados.



**Nota.** Elaboración propia.

### *Resincronización*

El protocolo a seguir en el proceso de resincronización es el siguiente y se resume en la Figura 13:

- Día 23: insertar el dispositivo intravaginal bovino (DIB) de segundo uso.
- Día 30: retirar dispositivo intravaginal bovino (DIB).
- Día 32-33: inseminación artificial a celo detectado (IACD).
- Día 34: colocar con toro.
- Día 90: Palpación.

### Figura 13

Esquema de resincronización hormonal para la inseminación artificial a tiempo fijo.



**Nota.** Elaboración propia.

### *Inducción a la ciclicidad*

La inducción a la ciclicidad se hace de la siguiente forma y se resume en la Figura 14:

- Día 24: insertar dispositivo de 3 ó 4 usos.
- Día 12: 1ml de Cipionato de estradiol.
- Día 0: inicio del protocolo de IATF.

### Figura 14

Esquema de inducción al ciclo de vacas para la IATF



**Nota.** Elaboración propia.

Para el manejo de un hato a gran escala se puede concluir que el estudio de las bases hormonales y sus efectos mediante métodos fisiológicos ha permitido continuar mejorando la sincronización del celo, generando directrices de administración (combinaciones y tiempos) acordes a la normativa de bienestar animal y producción limpia. (Suarez y Andrey, 2020).

## **Equipos necesarios para la Inseminación Artificial**

- Termo de preservación de semen (nitrógeno líquido).
- Termo de descongelación.
- Pinzas especiales para pajilla.
- Cortador de pajillas de semen.
- Guantes de plástico para palpación (desechables).
- Termómetro.
- Camisas protectoras.
- Fundas para inseminación.
- Aplicador o pistola de inseminación.
- Toallas de papel higiénico.
- Tarjetas de registro.
- Regla para la medición del nivel de nitrógeno.
- Caja de Icopor auxiliar para manejo de material genético.
- Auxiliar: persona que se encarga del montaje de la pistola.

## **Pasos para la Inseminación Artificial**

### ***Descongelamiento de la pajilla***

- Suba la canastilla donde está la pajilla que va a utilizar, no saque la pajilla sobre la línea de descongelamiento. Con las pinzas saque la pajilla que va a usar.
- Si se tardara más de 10 segundos para sacar la pajilla, vuelva a meter la canastilla y déjela mínimo 30 segundos antes de volverla a sacar.



- Es necesario mantener una temperatura cercana a los 35 °C a 36 °C durante todo este tiempo. Introduzca la pajilla lo más pronto posible en agua a 35 °C por 45 segundos.
- Solo se deben descongelar las pajillas que van a ser usadas dentro de los próximos 15 minutos.

### Figura 15

Descongelación de la pajilla para inseminación artificial.



### *¿Cómo cargar el aplicador?*

Tenga a la mano una funda para cuando se necesite; antes de introducir la pajilla en el aplicador, precaliente el barril con la mano, tener seguridad de que el émbolo esté retirado para que pueda entrar la pajilla, retire la pajilla del agua de descongelamiento y séquela con una toalla de papel, rectifique que la pajilla contenga semen del toro deseado, si la información impresa en la pajilla no se puede leer, no la use, ubique el extremo con tapón de algodón en el aplicador, corte la pajilla a ¼” debajo del extremo corrugado, ponga la funda plástica sobre la pajilla y el aplicador.

**Figura 16**  
Cómo cargar el aplicador con la pajilla de semen para la inseminación artificial.



## Protocolo de Inseminación Artificial

Antes de empezar el protocolo de inseminación en una vaca, debe reconocerse el aparato reproductor femenino.

**Figura 17**  
Aparato reproductivo de una vaca visto desde diferentes ángulos.

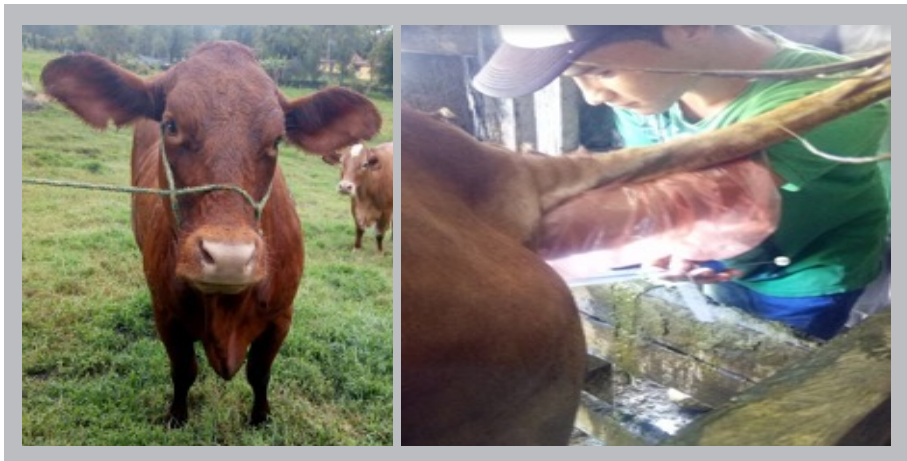




Para iniciar debe sujetar a la vaca que se va a inseminar y posteriormente se debe introducir la mano izquierda en el recto para manipular el tracto reproductor, y la mano derecha para manipular la pistola de inseminación.

### Figura 18

Sujeción y palpación de la vaca antes de la inseminación.



Mantenga la mano abierta sobre el piso del recto, permitiendo que el estiércol pase por encima de ella y ubique la cola de forma que no interfiera con el proceso de la inseminación; posteriormente se debe retirar el exceso de estiércol de la vulva con una toalla desechable. Para dilatar las contracciones rectales pase los dedos por el centro del anillo y haga masajes hacia delante y hacia atrás.

**Figura 19**

Preparación para la inseminación artificial en vacunos cruzados.



Para continuar, introduzca la pistola hacia arriba con un ángulo de 45° para evitar que la pistola entre a la uretra y a la vejiga. Después de que la punta de la pistola haya entrado unos 15 a 20 centímetros en la vagina, suba la pistola para que quede de forma horizontal y empuje la pistola hasta tocar la primera parte del cérvix.

### ***El cérvix: referencia para inseminar una vaca***

El cérvix de una vaca es semejante en tamaño y consistencia al cuello de un pavo (pisco). Dependiendo de la fecha del último parto y de la edad del animal puede variar el tamaño del cérvix. Por lo regular se sienten tres o cuatro anillos o pliegues.

Para la inseminación artificial es necesario que siempre sepa en qué lugar está la punta de la pistola, esta puede tocarse a través de las paredes del recto; la mano que está en el recto debe ir avanzando a medida que avanza la pistola en la vagina.

Por lo general, el cérvix se encuentra en la base de cavidad pélvica, o sobre el hueso pélvico en vacas más viejas con aparatos reproductores más grandes. El rumen tiende a empujar el aparato reproductor hacia el lado derecho, por esto es más fácil manipularlo con la mano izquierda.

### Figura 20

Introducción de la pajilla en el cérvix de la vaca para realizar una inseminación adecuada



En el momento de la inseminación, agarre el cérvix y llévelo hacia adelante, como se muestra en la Figura 21, esto hace que se estiren las paredes de la vagina y así la pistola avanza sin encontrarse obstáculos.

**Figura 21**

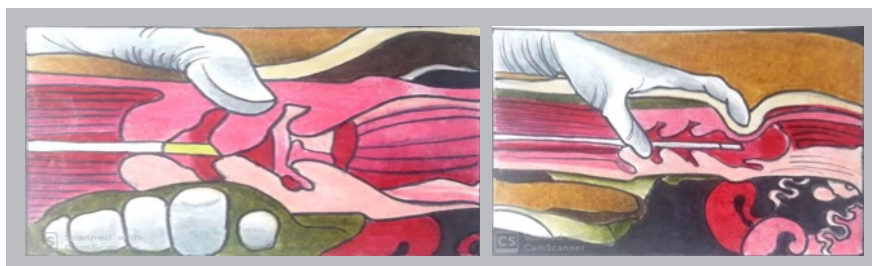
Sujeción del cuyo uterino (cérvix) por parte del inseminador.



Cuando la pistola esté en contacto con la primera parte del cérvix, este se debe mover por encima de la pistola de inseminación, siempre tratando de encontrar la entrada al cérvix, como se muestra en la Figura 22. Para lograr esto, haga una presión constante pero suave hacia adelante con la pistola, y con los dedos debe llevarse control de donde está la punta de la pistola, y para ayudar a que la pistola pase los anillos, haga movimientos giratorios del cérvix.

**Figura 22**

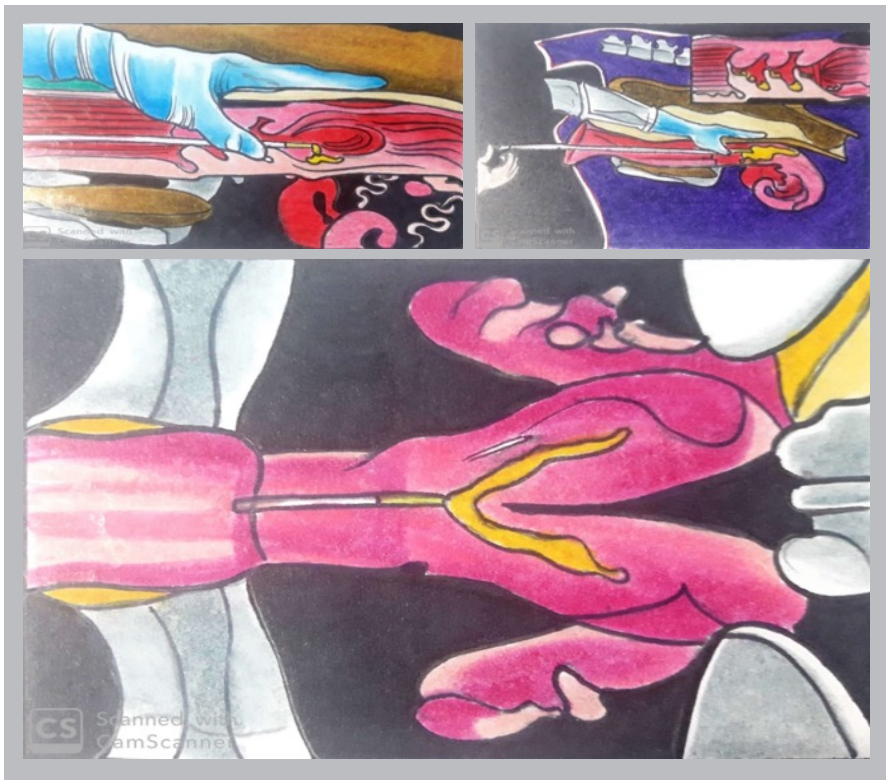
Introducción de la pistola de inseminación en los cuernos uterinos, paso de la pistola por el cérvix de la vaca



Se deben pasar todos los anillos del cérvix y llevar la pistola hacia adelante, siempre controlando donde está la punta de la pistola. Cuando la punta de la pistola esté adelante del cérvix, está ubicada en el lugar correcto para depositar el semen. Depositar el semen, empujar el émbolo de la pistola para que el semen quede en el cuerpo uterino; no debe halarse la pistola hasta depositar todo el semen dentro del cuerpo uterino. Debe asegurarse de empujar con el émbolo y no halar la pistola porque podría depositar el semen en el cérvix y en la vagina, habiendo menos posibilidad de fecundación.

### Figura 23

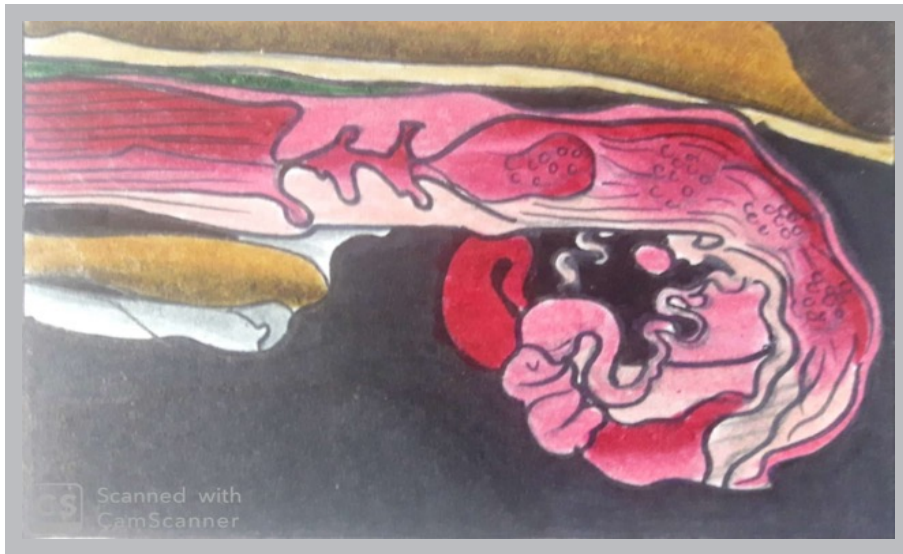
Descarga del semen en los cuernos uterinos para realizar una adecuada inseminación artificial en ganado de carne.



Después de que el servicio se haga por monta natural o por inseminación artificial, los músculos uterinos, por acción de la oxitocina, rítmicamente se contraen y comienzan a transportar los espermatozoides hacia el oviducto, como se puede observar en la Figura 24:

**Figura 24**

Contracción de los cuernos uterinos de la vaca por acción de la hormona oxitocina.



Algunos de los aspectos más importantes para lograr una máxima eficiencia reproductiva cuando se esté inseminando son:

- Escoger un lugar fresco para realizar todo el protocolo de inseminación, y así ayudar a minimizar fluctuaciones indeseables de temperatura en el semen.
- Trabajar suavemente. No aplicar mucha fuerza a la pistola.
- La Inseminación artificial es un proceso de dos pasos. Avanzar la pistola hasta el cérvix y pasar el cérvix encima de la pistola.
- Depositar el semen justo al pasar el cérvix, en el útero.
- Tomarse su tiempo.
- Al finalizar la inseminación no olvide:
  - Llenar el registro de cada vaca inseminada.
  - Llenar el registro del inventario de pajillas.
  - A los 21 días, revisar la vaca para observar si repite celo.



## Referencias bibliográficas

- DeJarnette, M., y Nebel, R. (2004). Inseminación artificial en bovinos. Select Reproductive Solutions.
- Giberti, H. C. (1985). *Historia económica de la ganadería argentina*. Hyspamérica.
- Giraldo, J. (2007). Una Mirada al uso de la inseminación artificial en bovinos, *Revista Lasallista de Investigación*, 4(1), pp. 51-57.
- Huanca, W. (2001). Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas lecheras. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 12(2), pp. 161-163.
- Ledesma, L. M., Gallego, L. A., y Peláez, F. J. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), pp. 213-225.
- Madalena, F. E. (2001). Consideraciones sobre modelos para la predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 9(2), pp. 108-117.
- Montes, D., Vergara, O., y Barragán, W. (2011). Diferencia esperada de progenie como herramienta de selección para peso al destete en ganado Brahman. *Revista MVZ Córdoba*, 16(1), pp. 2381-2390
- Muiño, R., Fernández, M., Areán, H., Viana, J. L., López, M., Fernández, A. I., y Peña, A. I. (2005). Nuevas tecnologías aplicadas al procesado y evaluación del semen bovino en centros de inseminación artificial. *ITEA*, 101(3), pp. 175-191.

- Oses, M. V., Teruel, M. T., y Cabodevila, J. A. (2009). Utilización de semen bovino sexado en inseminación artificial, transferencia embrionaria y fertilización in vitro. *Revista Veterinaria*, 20(2), pp. 138-145.
- Ruiz, L., & Yoshimar, F. (2017). Rentabilidad del proyecto de engorda de ganado bovino en Texcoco (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma del Estado de México.
- Salgado, R. D., Tous, M. G., & Simanca, J. (2007). Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas brahman lactantes. *Revista MVZ Córdoba*, 12(2), 1050-1053.
- Salisbury, G. W., Lodge, J. R., & Vandemark, N. L. (1978). *Fisiología de la reproducción e inseminación artificial de los bóvidos*. Acribia.
- Graaff, W., & Grimard, B. (2018). Progesterone-releasing devices for cattle estrus induction and synchronization: Device optimization to anticipate shorter treatment durations and new device developments. *Theriogenology*, 112, pp. 34-43.
- Rathbone, M. J., Kinder, J. E., Fike, K., Kojima, F., Clopton, D., Ogle, C. R., & Bunt, C. R. (2001). Recent advances in bovine reproductive endocrinology and physiology and their impact on drug delivery system design for the control of the estrous cycle in cattle. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 50(3), pp. 277-320.
- Suarez, O., y Andrey, D. (Abril, 2020). Bases farmacológicas y actualización de la sincronización del celo bovino. Seminario de profundización de reproducción bovina. Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio.



Este libro es derivado del proyecto de investigación: “Evaluación de la curva de crecimiento de animales cruzados con Angus y Brangus en el Oriente antioqueño” (Código: 201832), vinculado al grupo GIAZ (Grupo de Investigación en Agronomía y Zootecnia). Fue aprobado y financiado por la Universidad Católica de Oriente desde el Sistema de Investigación, Desarrollo e Innovación (SIDI); el Municipio de San Francisco Antioquia y la Asociación Angus y Brangus.

