

Uso de las biotecnologías reproductivas en ganaderías bovinas doble propósito en pequeños y medianos productores de cuatro municipios en el departamento del Putumayo

Mauricio Esteban Macuacé Rosero

Universidad de Pamplona

Diciembre de 2021

Notas del autor

Tutor Mv. PhD. Carlos Mario Duque Cañas, Medicina Veterinaria, Universidad de Pamplona

Trabajo de pasantía

La correspondencia relacionada con este documento debe ser enviada:

mauricio.macuace@unipamplona.edu.co

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios, a mi bella madre y mis hermanos Carol, Kevin y Camila

A la memoria de mi tía María, de mi amado padre y mi hermanito Hannier, de Larry, Diego,

Gabriel y Gómez quienes en vida fueron grandes amigos

A mis mascotas, fieles compañeros

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Carlos Mario Duque Cañas mi tutor y mentor, gran profesional en el campo de la reproducción animal y excelente persona quien me ha inspirado y guiado hacia el camino que anhelo llevar y desarrollar como futuro profesional en la medicina veterinaria, al doctor Luis Carlos Peña a quien resalto en este apartado por haberme ayudado sin pedírselo en un momento tan difícil como fue el fallecimiento de mi señor padre quien descansa en paz.

A los médicos veterinarios y profesionales de otras carreras que se desempeñaron como docentes en mi proceso de aprendizaje y formación, siendo amigos y ejemplo a seguir para quienes tuvimos la dicha de haber sido sus estudiantes.

A mis amigos Greysi, Karen Juliana, Dalia Carolina, Hugo Armando, Faver, Anderson, Edinson, Andrés Acosta, Fabio, Duver, Álvaro Camilo, Juan Camilo, Víctor, David, Santiago, Rosa Valencia, Arley y familiares más cercanos que han tenido un consejo y ganas de verme alcanzar mis metas, que muchas veces me sacaron de aprietos y siempre he podido contar con su mejor voluntad.

A mis compañeros de pregrado Angie Daniela, Jhohana, Yury, Edwin Andrés, Karol, Andrea Carolina, Holger, Andrés Luna y muchos otros que se me escapan, pero que he contado siempre con ellos, guardando de cada uno los más gratos recuerdos.

A la Universidad de Pamplona y al pueblo Pamplonés por su calidez y hospitalidad, a los profesionales de la Granja Villa Marina y la clínica veterinaria MascoVet por ver aportado al crecimiento científico y humano, los cuales ayudan en la formación de profesionales íntegros y serviciales.

Tabla de contenido

Resumen..... 8

1. Capítulo I..... 11

 1.1 Planteamiento del problema..... 11

 1.2 Justificación..... 12

 1.3 Objetivos 14

 1.3.1 Objetivo general..... 14

 1.3.2 Objetivos específicos 14

2 Capítulo II..... 15

 2.1 Introducción 15

 2.2 Revisión Bibliográfica..... 17

 2.2.1 Inseminación artificial (IA)..... 17

 2.2.2 Transferencia de embriones 27

3 Capítulo III 36

 3.1 Metodología 36

4 Capítulo IV 38

 4.1 Resultados 38

 4.2 Discusión..... 45

5 Capítulo V..... 48

 5.1 Conclusiones 48

BIOTECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS EN GANADERÍA DOBLE PROPOSITO	5
5.2 Recomendaciones.....	49
6 Referencias	50

Lista de Figuras

Figura 1.	<i>Esquema de inseminación artificial</i>	19
Figura 2.	<i>Protocolo de sincronización Ovsynch</i>	24
Figura 3.	<i>Protocolo de Presynch-Ovsynch</i>	24
Figura 4.	<i>Desarrollo embrionario</i>	32
Figura 5.	<i>Proporción de servicios reproductivos obtenidos en los métodos evaluados</i>	39
Figura 6.	<i>Métodos como detectan el celo los ganaderos encuestados</i>	40
Figura 7.	<i>Grafica del uso de los métodos existentes para el diagnóstico de la preñez</i>	41
Figura 8.	<i>Porcentaje del número de hembras por toro en diferentes intervalos</i>	42
Figura 9.	<i>Porcentaje de la procedencia del macho reproductor</i>	43

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Kit IA</i>	20
Tabla 2. <i>Principales hormonas usadas para protocolos de IATF</i>	23
Tabla 3. <i>Etapas del desarrollo embrionario</i>	31
Tabla 4. <i>Clasificación del embrión según la sociedad internacional de transferencia de embriones</i>	32
Tabla 5. <i>Número de casos presentados para cada problema reproductivo evaluado en la encuesta</i>	43

Resumen

Desde la Universidad de Pamplona y la Gobernación del Putumayo se ha puesto en marcha el proyecto de investigación nombrado “Putumayo Ganadero Sostenible” el cual tiene como objetivo evaluar el uso de las biotecnologías reproductivas e implementar sistemas silvopastoriles con la meta de introducir exitosamente un programa de mejoramiento genético en bovinos destinados a la ganadería doble propósito, con un enfoque sostenible que permita implementar un modelo orientado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible en consonancia con las actuales necesidades del mundo.

Dentro de la ejecución de la primera fase se abrió la convocatoria para la selección de los beneficiados, una vez cumplida la meta se procedió a evaluar los predios ganaderos y recopilar la información necesaria para establecer la línea base sobre la cual se fundamenta la siguiente fase.

Teniendo en cuenta la necesidad de evaluar las biotecnologías reproductivas se enmarcó el presente trabajo que tiene como fin conocer si los pequeños y medianos ganaderos de los municipios de Puerto Asís, Villagarzón, Valle del Guamuez y Orito emplean las citadas biotecnologías que actualmente se emplean en la ganadería bovina, cuáles son las que se usan, por qué no se usan y con qué frecuencia las usan, este informe hace parte de una pasantía investigativa y servirá como guía para que los participantes de la siguiente fase puedan afrontar adecuadamente los desafíos que se presentan al momento de implementar los procesos biotecnológicos.

Para poder obtener la información fue necesario acudir a encuestas mediante herramientas tecnológicas, visitas de campo y entrevistas a referentes sobre el tema donde se pudo concluir que la inseminación artificial es la biotecnología de mayor uso por parte de los pocos ganaderos que implementan planes reproductivos y de mejoramiento animal.

Palabras claves: Biotecnologías reproductivas, inseminación artificial, transferencia de embriones, MOET, OPU.

Abstract

The University of Pamplona and the Governorate of Putumayo have launched the research project named "Sustainable Putumayo Livestock" which aims to evaluate the use of reproductive biotechnologies and implement silvopastoral systems with the goal of successfully introducing a genetic improvement program in cattle for dual purpose livestock, with a sustainable approach that allows implementing a model oriented to the Sustainable Development Goals in line with the current needs of the world.

Within the execution of the first phase, the call for the selection of the beneficiaries was opened, once the goal was met, the livestock farms were evaluated and the necessary information was collected to establish the baseline on which the next phase is based.

Taking into account the need to evaluate reproductive biotechnologies, the present work was framed, which aims to know if the small and medium-sized cattle ranchers of the municipalities of Puerto Asís, Villagarzón, Valle del Guamuéz and Orito use the aforementioned biotechnologies that are currently used in the cattle farming, which ones are used, why they are not used and how often they are used, this report is part of a research internship and will serve as a guide so that the participants in the next phase can adequately face the challenges that arise when implementing biotechnological processes.

In order to obtain the information, it was necessary to go to surveys using technological tools, field visits and interviews with referents on the subject, where it was possible to conclude

that artificial insemination is the most widely used biotechnology by the few farmers who implement reproductive and breeding plans. animal improvement.

Key words: Reproductive biotechnologies, artificial insemination, embryo transfer, MOET, OPU.

1. Capítulo I

1.1 Planteamiento del problema

A lo largo y ancho de la geografía nacional con excepción del área insular existen áreas rurales destinadas a la ganadería bovina tipo carne, leche o doble propósito, esto según las condiciones climatológicas del territorio, pero aún existe una brecha de tipo económica enorme entre los pequeños y medianos productores y la facilidad de poder acceder a el uso de las biotecnologías reproductivas para optimizar el número de concepciones, mejorar la rentabilidad e introducir genética de calidad y de ejemplares con características productivas apropiadas para las diferentes regiones y subregiones del territorio colombiano. También es muy relevante la variedad de condiciones que ofrece la orografía colombiana lo que la convierte en un desafío que en muchos casos imposibilita el acceso del personal capacitado y de los equipos necesarios para llevar a cabo los procedimientos que demanden cada una de las biotecnologías.

Por otra parte, el factor socio-cultural tiene injerencia en la falta de adopción de las tecnologías proyectadas a la reproducción de las especies animales domesticadas, un factor alimentado en la poca credibilidad por malas experiencias, malos resultados y la falta de la pedagogía necesaria sobre los beneficios que otorga implementar este tipo de herramientas.

En las subregiones del medio y bajo Putumayo algunos profesionales y productores han implementado el uso de biotecnologías reproductivas como la transferencia de embriones y en especial la inseminación artificial, pero aún sigue siendo baja la participación por los factores anteriormente expuestos y por los problemas históricos como la violencia que se presenta en este departamento.

Se ha demostrado alrededor del mundo los beneficios que traen consigo los sistemas de producción ganadera el hacer un uso planeado y bien ejecutado de las diferentes biotecnologías entre los que se encuentran mayores ganancias económicas para los ganaderos, ejemplares que tienen mejor desempeño en los diferentes climas y suelos, pero las bajas tasas de concepciones en vacas al año, largos periodos de días abiertos y la reproducción de animales que no rinden de manera adecuada a las condiciones que se presentan en estas subregiones seguirán disminuyendo la rentabilidad para el productor, la eficacia biológica de los bovinos e incluso afectara la seguridad alimentaria de los municipios por aumento en los costos de producción.

1.2 Justificación

Las biotecnologías reproductivas se implementan con el objetivo de replicar genética de calidad superior y al mismo tiempo acelerar el crecimiento de la población animal (Hernandez & Gifford, 2013), estas definiciones las sustenta la FAO (2021) como necesarias para la eficacia de las producciones pecuarias y a la contribución de la sanidad animal, también señala que las actividades ganaderas permiten la subsistencia de más de 600 millones de personas pobres alrededor del planeta y como la diversidad del ganado y sus razas pueden ayudar a enfrentar el cambio climático mediante sus rasgos adaptativos.

De acuerdo con una publicación realizada en Contexto Ganadero (2020), Colombia es el segundo país de Latinoamérica por debajo de Brasil en hacer uso de las herramientas biotecnológicas para la reproducción del hato ganadero con una población bovina de 23.5 millones de cabezas según el censo pecuario del ICA en el año 2017 (Fedegan, 2017). El departamento de Putumayo cuenta con áreas potenciales para el desarrollo y crecimiento de la actividad ganadera bovina, pero aún es ineficiente la capacidad de la mayoría de productores los cuales podrían tener mejores rendimientos en cuanto a calidad y cantidad de animales si tuvieran

acceso a recursos tecnológicos e implementaran programas de mejoramiento genético acompañados de otras estrategias sanitarias y alimentarias necesarias por los bovinos.

El departamento del putumayo cuenta con una población bovina de 302.195 animales según el censo pecuario emitido por el ICA en el 2018. Actualmente está en marcha un programa de mejoramiento genético en bovinos de doble propósito mediante la apuesta investigativa en cuatro municipios de dicho departamento el cual beneficiara a la población humana del Putumayo, la cual es de 359.130 habitantes , este proyecto tiene componentes de carácter nutricional mediante la implementación de sistemas silvopastoriles, de sanidad animal mediante la selección de productores que cumplen con los planes sanitarios al día y del mejoramiento genético haciendo uso de la transferencia de embriones para replicar la progenie de animales cuyas características genotípicas y fenotípicas se adaptan con mejor desempeño al clima tropical de las subregiones ya mencionadas. De esta manera nace la necesidad de diagnosticar cuáles son esas biotecnologías a las que acuden los productores, que población de ganaderos hacen uso de estas y cuáles son las razones por las cuales otros no las implementan, para así poder realizar estrategias indicadas que permitirán facilitar la introducción de dichas tecnologías en la siguiente fase del proyecto y poder llevar al pequeño y mediano productor los beneficios que traen consigo hacer uso de las biotecnologías reproductivas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diagnosticar el uso de las biotecnologías reproductivas empleadas por los pequeños y medianos productores de ganado bovino doble propósito de los municipios de Orito, Puerto Asís, Valle del Guamuez y Villagarzón ubicados en el departamento del Putumayo.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar el uso de las biotecnologías reproductivas empleadas por los pequeños y medianos ganaderos de los municipios de Orito, Puerto Asís, Valle del Guamuez y Villagarzón ubicados en el departamento del Putumayo

Caracterizar los datos de la encuesta dentro del aspecto reproductivo en las pequeñas y medianas ganaderías bovinas.

Analizar los factores que influyen en el uso no de las biotecnologías reproductivas en los pequeños y medianos ganaderos bovinos.

Proponer estrategias tendientes a fortalecer la implementación de biotecnologías reproductivas en los pequeños y medianos ganaderos del departamento del Putumayo.

2 Capítulo II

2.1 Introducción

Según la OIE(2021),el médico veterinario tiene un papel fundamental y de gran relevancia en la gestión de seguridad y sanidad alimentaria en las diferentes regiones y países del mundo, es por eso que ante el crecimiento acelerado de la población humana se hace necesario maximizar y optimizar los sistemas productivos mediante estrategias integrales compuestas elementos de sanidad animal, salud animal, control de enfermedades zoonóticas, inocuidad del producto final, nutrición animal, mejoramiento genético y crecimiento del rebaño mundial de especies animales para consumo humano como por ejemplo la especie bovina, estos dos últimos elementos son posibles de realizar con mayor eficacia mediante el desarrollo y uso de tecnologías orientadas a facilitar la reproducción animal.

La participación del profesional en medicina veterinaria va más allá del enfoque clínico en animales y aborda pilares fundamentales cuando se trata de proteger la salud humana, también entra en juego la investigación científica por parte de profesionales y de la academia para contribuir a conocer de antemano los problemas y las causas que afectan el desempeño en los hatos ganaderos alrededor del mundo. De esta manera es posible proponer planes para contrarrestar y dar solución a aquellas problemáticas que tienen un impacto negativo en dichas actividades donde comúnmente las bajas tasas de preñez por vaca al año, el mal manejo sanitario de los hatos, el deterioro de los suelos, el daño ambiental y la selección de animales cuya genética no responde de manera adecuada a las diferentes condiciones agroclimáticas de los forrajes son las razones más comunes del bajo rendimiento y crecimiento de la población bovina.

Sin duda alguna es importante el rol que desempeña el Médico Veterinario desde el enfoque productivo e investigativo que busca aportar a programas donde se tiende a generar sistemas agropecuarios sostenibles que a su vez mejoran la calidad y dignidad de vida de las poblaciones humanas y de las poblaciones animales bajo los sistemas de explotación. Se hace necesario la participación de profesionales y afines dentro de la ejecución del proyecto Putumayo Ganadero Sostenible que acoge a cuatro municipios del medio y bajo Putumayo, el cual se está llevando a cabo en su primera etapa que consiste en generar la línea base para tener la información necesaria sobre la cual se busca trabajar correctamente en campo, cobijando las verdaderas necesidades y falencias existentes entre los pequeños y medianos ganaderos de los municipios de Orito, Puerto Asís, Valle del Guamuez y Villagarzón. El proyecto está siendo ejecutado por la Universidad de Pamplona y tiene consigo tres componentes fundamentales que consisten en la socialización y pedagogía a los comités de ganaderos de cada municipio junto a sus afiliados de la importancia e impacto del proyecto, la puesta en marcha de sistemas silvopastoriles para la alimentación bovina, aprovechando y ampliando la variedad vegetal de la cual se puedan beneficiar los animales, y la implementación de biotecnologías reproductivas con énfasis en la transferencia de embriones cuyo objetivo es lograr el mejoramiento genético en la población ganadera seleccionada.

Este informe hace parte de la pasantía de investigación y tiene como propósito conocer cuáles son y con qué frecuencia acuden a las biotecnologías reproductivas los pequeños y medianos productores que se dedica a la ganadería doble propósito en los municipios antes mencionados, aparte de concretar datos reproductivos de las ganadería y de esta manera plantear soluciones a las necesidades existentes.

2.2 Revisión Bibliográfica

La ganadería reproductiva es un área con base en la reproducción de bovinos, al pasar del tiempo se empezó con la selección de animales con alto valor genético que aportan a una mayor eficacia reproductiva, inicialmente se empezó con la industria láctea en el siglo XX (Moore & Hasler, 2017).

De acuerdo a la Federación Europea de Biotecnología (EFB), este es un método en el cual se integran conocimientos de las ciencias naturales y de la ingeniería con el objetivo de crear un servicio comercial a base de células o análogos de las mismas (Stinshoff & Wrenzycki, 2015).

Según Moore & Hasler (2017), las biotecnologías reproductivas se iniciaron con el descubrimiento de la inseminación artificial (IA), lo que permitió desarrollar otras técnicas como la criopreservación con glicerol, los protocolos de superovulación, la transferencia de embriones (TE), la fertilización in vitro (FIV) y el empleo de semen sexado, con lo cual se logró mejorar las tasas de preñez en los bovinos.

Asimismo, según Stinshoff & Wrenzycki (2015), las biotecnologías han innovado la industria ganadera, ayudando a garantizar suficientes alimentos para la población, así como la preservación de recursos genéticos de animales principalmente a través de la manipulación y conservación del germoplasma, con lo cual se ha logrado la implementación de planes de mejoramiento genético en las poblaciones trabajadas con dichas tecnologías.

A continuación se describen dos de las biotecnologías aplicadas a la reproducción bovina.

2.2.1 Inseminación artificial (IA).

La inseminación artificial, es la primera técnica usada como biotecnología reproductiva, dio sus inicios hacia 1900 en Rusia y Dinamarca, por los resultados que se obtenían mediante

esta técnica se extendió ampliamente debido a su capacidad para aumentar la tasa de ganancia de concepciones y de genética del ganado usando a padres con un material genético de alto valor alto en sus parámetros productivos (Moore & Hasler, 2017).

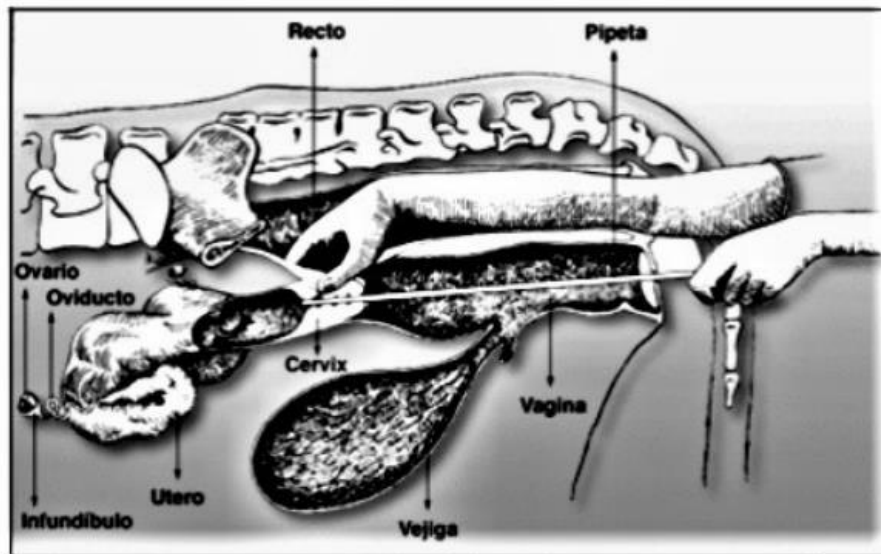
La metodología para el proceso de IA más antiguo era la recolección del semen y deposición en la vagina, posterior a ello, se implementó el uso del espejo para la visualización del orificio cervical para realizar la inseminación en el cuello uterino. Es la técnica más usada en la actualidad y que dio resultados positivos, creada alrededor de 1937 por unos veterinarios daneses con base en: hacer uso de la mano dominante, previamente enguantada desde los dedos hasta el hombro, se introduce por vía rectal y se sujeta el cuello uterino, posterior a ello con una pistola de inseminación por vía vaginal entra hasta llegar al cuello uterino, donde se realiza la deposición del semen; denominándose IA por el método recto vaginal (Moore & Hasler, 2017).

Antes de realizar la inseminación se debe extraer una pajilla almacenada en el tanque de nitrógeno y esta debe estar dentro del matraz de almacenamiento verificando la identidad del padre, se retira el exceso de nitrógeno líquido, se lleva al tanque de descongelamiento y se seca antes de cargar a la pistola de inseminación, con la mano izquierda se toma el cuello uterino o cérvix, el catéter o pistola se introduce a través de la vulva y la vagina en un ángulo de 30° para evitar el meato urinario externo, se mueve dentro de la vagina hasta acoplarse en el orificio externo del cérvix, el catéter se pasa a través del canal cervical guiándose por la manipulación del cérvix desde el recto por lo cual se le conoce como inseminación rectovaginal, observada en la Figura 1; con un dedo se palpa el orificio interno del cuello uterino para poder identificar cuando pase la punta del catéter, la pistola se acciona y el semen se deposita entre los dos cuernos, no se debe llevar la pistola hacia delante para evitar lesionar la mucosa endometrial ni halar hacia atrás la misma en el momento de la deposición seminal para evitar una inseminación

intracervical, siendo estos factores que conllevan a la falla en el momento de fertilización (Parkison & Morrel, 2019).

Figura 1.

Esquema de inseminación artificial



Nota. Esquema de inseminación artificial por vía recto vaginal en hembras bovinas (Rodríguez , 2021).

La inseminación uterina profunda y la inseminación en solo el cuerno donde sucede la ovulación han sido establecidas como alternativas para la deposición del semen, ambas opciones tienen sus defensores y detractores, pero sigue siendo la inseminación uterina profunda la de mayor predilección (Parkison & Morrel, 2019).

Para Rodríguez (2021), el servicio asistido o IA debe ser realizado solo por personal especializado y para ello va requerir hacer uso de una serie de productos y materiales que se encuentran fácilmente en el mercado como se analiza en la Tabla 1.

Tabla 1.*Kit de IA.*

Materiales para la inseminación artificial
Pistola de IA
Termo descongelador plástico con termómetro
Guillotina corta pajilla
Pinza para agarrar la pajilla
Catéter taladro
Lubricante
Especulo
Mordaza de sujeción

Nota. Rodríguez (2021).

Otros pasos que se deben ejecutar es la inmovilización del animal antes de la inseminación mediante un brete, la limpieza del área de la vulva con una toalla, llevar el registro con identificación de la vaca acompañada de la fecha de inseminación y no reutilizar pajillas u otros elementos como pajillas, guantes o toallas (Díaz, 2021).

Mediante la aplicación de la técnica de IA se pueden realizar cruzamientos entre dos ejemplares del sexo opuesto con alto valor genético y altos índices productivos, optimizando así la producción de crías altamente rentables y apetecidas en el mercado. Entre las ventajas más considerables que aporta la IA se encuentran la disminución de riesgos que se asocian al uso del toro, mayor porcentaje de preñez en comparación con la monta natural y la mayor ganancia de genética al introducir pajillas con semen de machos altamente productivos (Domínguez et al., 2020).

La inseminación artificial es la técnica reproductiva con la mejor relación costo/beneficio en la producción bovina, la cual en un momento determinado de su aparición tuvo gran aceptación más por las medidas higiénicas al momento de llevar a cabo la inseminación y no tanto por el progreso genético. Otros factores que participaron en el progreso de la IA fueron la aparición de métodos para la criopreservación del semen hacia el año 1940, aunque a pesar de

ello, desde el momento en que se congelaron las primeras pajillas no se ha establecido un límite de tiempo para calcular su conservación. El otro factor que contribuye a la implementación de esta técnica es la búsqueda de una mayor fertilidad y aptitud lechera mediante el cruzamiento de razas *B. indicus* con razas *B. taurus* combinando la rusticidad de las razas indo/pakistaníes con la alta productividad de las razas europeas, obteniendo animales adecuados para el manejo y condiciones ambientales en el trópico y subtrópico (Palma, 2001).

2.2.1.1 Inseminación artificial mediante celo detectado.

La IA a celo natural fue el primer método utilizado para la inseminación del ganado vacuno, haciendo una colecta del macho y posterior inseminación mediante la técnica recto vaginal realizándose a las doce horas de presentarse el celo de forma natural, sin ningún proceso de congelación o descongelación del semen, o componentes hormonales exógenos; cuando se hace la detección del celo mediante los signos clínicos que presenta el animal, se lleva a cabo el método am-pm, donde se detecta en la mañana y se insemina en la tarde-noche o viceversa (Sumba, 2012).

Las vacas ovulan al final del estro (aproximadamente 12 horas después), donde el rango para la inseminación está entre 6 a 24 horas antes de la ovulación. Cuando se observaron las concepciones obtenidas en animales que fueron inseminados después del estro, se dió origen a la regla am-pm; el éxito en la concepción está acompañado de varios factores entre ellos los cuales se encuentra el momento de inseminación después de la ovulación, siendo ideal no hacerlo muy temprano (mucho tiempo antes de la ovulación) o muy retardado (mucho tiempo después de la ovulación), debido a variables como la maduración de los ovocitos y la viabilidad de los espermatozoides (Parkison & Morrel, 2019).

La IA mediante la detección de celo tiene como principio clásico el sistema am-pm el cual a su vez se apoya en la observación, la palpación de ovarios y los datos obtenidos sobre la monta y el servicio de las vacas, este método no es del todo exacto para asegurar una preñez ya que se presentan variaciones en ciertos factores como el ciclo estral de cada vaca, el ambiente y el manejo (Marizancé & Artunduaga, 2017).

2.2.1.2 Inseminación artificial a tiempo fijo.

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), es una técnica que permite controlar el ciclo estral y sincronizar el tiempo de ovulación en el ganado bovino mediante el uso de hormonas exógenas, para llevar a cabo su posterior inseminación. Las principales hormonas usadas para la sincronización del celo se muestran en la Tabla 2, a su vez la gonadotropina coriónica equina (eCG), es otra hormona que ha empezado a ser usada debido a tener propiedades similares a la hormona folículo estimulante (FSH); hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), que activa la producción de FSH y hormona luteinizante (LH); prostaglandina F2 alfa (PF2 α), usada para reactivar el celo eliminando el contenido uterino teniendo función de luteólisis; y la progesterona (P4), la cual mantiene y aumenta el índice de fertilización (Brito et al., 2020).

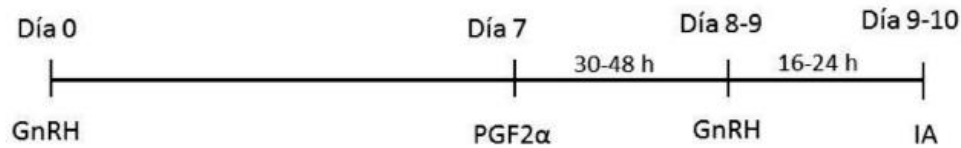
Tabla 2.*Principales hormonas usadas para protocolos de IATF.*

Hormona	Origen	Función
GnRH	Hipotálamo	Estimulación para la producción y liberación de FSH y LH
FSH	Adenohipófisis	Crecimiento y producción folicular
LH	Adenohipófisis	Maduración final folicular, ovulación y formación del cuerpo lúteo
Estrógenos	Ovarios (folículos)	Comportamiento estral, liberación de LH para la ovulación y crecimiento uterino
P4	Ovarios	Mantenimiento de la gestación
PgF2	Útero	Regresión del cuerpo lúteo

Nota. Garcia (2019).

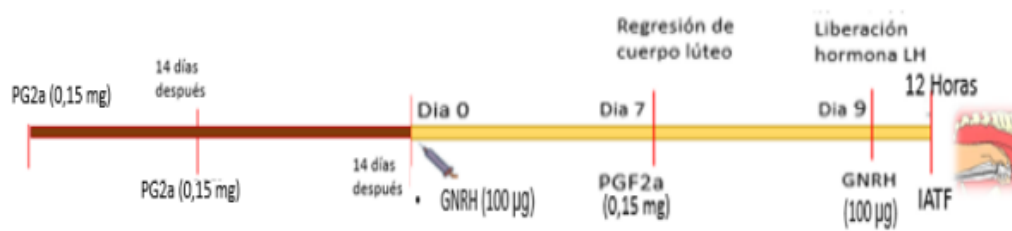
Estos protocolos de inseminación se fundamentan en el uso de hormonas reproductivas exógenas que tienen como finalidad sincronizar las ondas foliculares, el funcionamiento del cuerpo lúteo (CL) y las hormonas endógenas para la formación de un folículo de tamaño óptimo para que ocurra la ovulación en un entorno aceptable para la sobrevivencia del mismo (Monteiro, et al., 2015).

El protocolo más usado para la IATF es el Ovsynch, planteado en la Figura 2, el cual usa una primera dosis de GnRH de 100 µg para dar inicio a una nueva onda folicular; al día séptimo posterior a la primera inoculación, se hace la aplicación de PgF2α a 25mg para ocasionar regresión folicular; el día noveno se hace una segunda aplicación de GnRH a 100 µg, que induce a la aparición del pico hormonal de LH y posterior ovulación del folículo; para que dé última instancia a las 16 horas se realiza una primera IATF y pasadas las ocho horas de la primera, se lleva cabo una segunda IATF (Gutiérrez, et al., 2005).

Figura 2.*Protocolo de sincronización Ovsynch.*

Nota. Marizancé & Artunduaga (2019).

El protocolo Ovsynch presenta una serie de modificaciones en las que se encuentran el Presynch-Ovsynch como estrategia de presincronización donde se busca mejorar el medio hormonal donde va crecer el folículo a ovular, en estos protocolos se usa GnRH entre 4, 5, 6 y 7 días antes de Ovsynch, otro protocolo popular en la presincronización es la doble dosis de PGF2a con intervalos de aplicación de 14 días como se representa en la Figura 3 (Guevara & Buitrago, 2021).

Figura 3.*Protocolo de Presynch-Ovsynch.*

Nota. Protocolo de Presynch-Ovsynch basado en la aplicación de doble dosis de PGF2a. (Guevara & Buitrago, 2021).

De acuerdo con Guevara y Buitrago (2021), se describe el protocolo Cosynch de la siguiente manera:

- Día 0 aplicación de 100 μ g de GnRH.
- Día 7 aplicación de PGF2a.
- 48 horas después de la aplicación de PGF2a se administra una segunda dosis de GnRH.
- Posterior a las 12 horas de la última dosis de GnRH se realiza IA.

Este protocolo a su vez presenta varias versiones como el Cosynch, el cual es similar las dosis e intervalos de aplicación al Cosynch normal pero la IA se realiza 48 horas después de la segunda aplicación de GnRH, el Cosynch tiene una modificación en donde se administra una fuente de progesterona entre el día 0 y el día 7; otros protocolos variantes que presenta el Cosynch son el de Cosynch5 + DIB el cual se fundamenta en la reducción del tiempo en que permanezca insertado el dispositivo de progesterona y de esta manera disminuir los efectos no deseados de los folículos persistentes, el día 0 se administra una dosis de GnRH y se implanta el dispositivo, en el día 5 se aplica una dosis de PGF2a y se repite la dosis después de 12 horas para que el octavo día se vuelva a suministrar GnRH y llevar a cabo la IA. (Garcia, 2019)

Otros protocolos hormonales se han implementado bajo el uso de estradiol (E2), P4 y PgF2 α para la sincronización de la ovulación en el hato lechero. De acuerdo a un estudio realizado por Monteiro, et al. (2015), donde uso 126 animales, se realizó un tratamiento hormonal para llevar a cabo IATF, iniciando con benzoato de estradiol (BE) a 3mg en el día cero más la introducción de un implante intravaginal liberador de P4, al día septimo de la primera aplicación hormonal se lleva a cabo la administración de 25 mg de PgF2 α ; pasadas las 24 horas se hace retiro del implante y se inocula 1mg de cipionato de estradiol para llevar a cabo la IATF el día 10 del comienzo con el protocolo. Los resultados de este tratamiento demostraron que las dosis de BE disminuyo el tiempo hasta el día de la ovulación, asimismo, las concentraciones de

P4 <0.1 ng/mL aumentaron la relación de preñez por inseminación artificial; al finalizar el estudio 75 vacas quedaron sincronizadas correctamente y aptas para la IATF.

Por lo tanto, los dos métodos hoy existentes de la IA; la inseminación artificial a celo detectado y la IATF; se debe tener en cuenta que esta última, en comparación con la IA a través de celo detectado, nos permite reducir los días abiertos del hato, mejorando uno de los principales parámetros reproductivos (Saldarriaga, 2009). Aunque según Sumba (2012), la IA a celo natural con semen presenta un ligero aumento en los índices de preñez en vacas razas Holstein mestizas.

Una de las principales desventajas fue el acoplamiento de los productores a los procedimientos debido a la recolección del semen, manipulación e inseminación eran complicadas. Sin embargo, las ventajas que ofrecía se contraponían a esta idea; el aumento del material genético de calidad, la reducción de transmisión de enfermedades venéreas, permite la evaluación genética de los animales del hato. Esta técnica se ha extendido de tal manera que en durante los últimos años, se llevan a cabo más de 130 millones de inseminaciones al año (Moore & Hasler, 2017).

Las principales ventajas de la IA como lo expresan Guevara & Buitrago (2021) está basada en la mejora genética, evaluación del material productivo y reproductivo del animal, disminución de riesgos de enfermedades reproductivas, servir a varias hembras de un mismo eyaculado, pueden ser inseminadas hembras de tamaño pequeño sin ser lastimadas y el uso del semen de sementales que no pueden copular. Aunque, de la misma forma existen desventajas del método principalmente la adecuación del personal.

2.2.2 Transferencia de embriones

La transferencia embrionaria (TE) dio inicio entre la década de los 70', esta técnica se ha llevado a cabo para obtener animales de alto rango genético, de esta forma aumenta el valor genético del rebaño (Borja , 2018; Phillips & Jahnke, 2016). Asimismo, como lo exponen Zarate, Cisneros, Canseco, Montiel, & Carrasco (2018), esta misma tecnica se usa para obtener un mayor numero de crias derivadas de madres con alto valor.

La TE se ha multiplicado alrededor del mundo mediante dos tipos de técnicas, la súper-ovulación de donantes para la producción de embriones *in vivo* y la segunda técnica, basada en la aspiración folicular de los ovocitos ecoguiada de donantes para la producción de embriones *in vitro* (Vera, 2017).

2.2.2.1 Multi-ovulación y transferencia de embriones (MOET).

Este método consiste en generar una multi-ovulación o súper-ovulación en hembras bovinas de alto valor genético mediante un tratamiento hormonal, de esta forma obtenemos ovocitos que posteriormente serán fertilizados *in vivo*, consecutivamente a esto, se lleva cabo un lavado uterino para la obtención de estos ovocitos fertilizados. (Molina , Herrera, Arroyo, & Caballero, 2020).

Tras la fertilización de ovocitos *in vivo*, los embriones serán recuperados al séptimo día de la inoculación del semen fértil y serán implantados en las hembras receptoras seleccionadas (Borja , 2018).

Durante el proceso de súper-ovulación mediante el uso de hormonas reproductivas, se usan hormonas de tipo GnRH, FSH y PGF2 α para subsecuentemente se realice la inseminación artificial entre los días 7-8 posterior a la primera inoculación de hormonas. Comúnmente se

aplica una dosis de GnRH al día cero, FSH al día tres, durante el quinto y sexto día se realiza la aplicación de PGF2 α para que al día séptimo se realice la última aplicación de GnRH y pasadas 12 a 24 horas se procede a efectuar la inseminación artificial (IA) (Phillips & Jahnke, 2016).

Otros métodos que se han desarrollado actualmente para inducir la superovulación y aumentar la tasa de recuperación y calidad de embrión. El uso de la liberación interna controlada de fármacos (CIDR) y la eliminación del folículo dominante permiten iniciar el programa de superovulación en cualquiera instancia del ciclo estral; principalmente este proceso se lleva cabo por la combinación de la GnRH con CIDR (también se ha usado el 17 β estradiol en cambio de la GnRH ejerciendo el mismo efecto) para la eliminación del folículo dominante reduciendo el efecto de la inhibina permitiendo el reclutamiento de pequeños folículos que responden a la FSH dando inicio a la superovulación (Phillips & Jahnke, 2016)

La MOET dentro de sus ventajas destaca la obtención descendencia genéticamente valiosa, la posibilidad de exportar embriones, aumentar la población de líneas genéticas en extinción. Asimismo, la principal desventaja se basa en someter a la hembra a los ciclos de superovulación ocasionando un desgaste en la hembra donante (Aldana & Pinilla, 2021).

La criopreservación embrionaria que permite la viabilidad de embriones de alta calidad genética tras mantenerlos en rangos de temperatura que oscilan entre los 0,3 a 2,0 °C/min para posteriormente ser descongelados a temperaturas entre 4-25 °C/min (Borja , 2018). Por otra parte, Vera (2017) afirma que la TE de embriones criopreservados o de forma directa tienen tasas de concepcion entre el 45-55%.

2.2.2.2 *Aspiración folicular guiada por ultrasonografía.*

La aspiración folicular de ovocitos por ultrasonografía, también conocida como OPU, esta técnica según Galli, Duchi, Colleoni, Langutina, & Lazzari (2014) esta superando de forma drastica la super ovulación convencional para realizar la transferencia de embriones. De igual forma se debe tener en cuenta que la calidad del ovocito puede verse afectada al recuperarse en días aleatorios del ciclo estral mediante la OPU, para ello se debe hacer una sincronizacion de ondas foliculares que disminuyan este tipo de riesgos (Marcondes, Fonseca, Zamparone, & Morotti, 2020).

La OPU fue desarrollada a inales de los años 80 para la recoleccion de los ovocitos del ganado vivo para ser fucundados in vitro durante 7 días; estos son obtenidos a partir del sistema de puncion por vía transvaginal guiado por ultrasonografía; para llevarlo a cabo es necesario la obtencion de un ecografo, una bomba de aspiración, un sistema de guía de aguja hipodermica el cual va conectado al colector; los ovocitos deberan estar en un medio Tyrode's Albúmina Lactato que puede ser enriquecido a base de penicilinas a 100 UI/mL, estreptomycin 0.1 mg/mL y heparina 5 UI/mL (Aldana & Pinilla, 2021).

Para llevar a cabo este metodo, como lo señala Aldana & Pinilla (2021), primero se debe realizar una limpieza a nivel de la vulva y ano para retirar los restos organicos e inorganicos que puedan estar presentes; se inicia realizando una ultrasonografia transrectal con el fin de buscar el ovario y que se realiza puncion y extracion con el sistema de guía de la aguja los cuales tengan un diametro mayor a 3mm para posteiormente se lleve a cabo la fertilización *in vitro*.

Existen diversos factores que están involucrados para la selección de vacas donadores, como lo son: la edad, nutrición, condición corporal, lactancia, índice de paridad, días abiertos

(días sin actividad reproductiva), el medio ambiente y factores endocrinos. (Phillips & Jahnke, 2016)

Otros factores influyentes que afectan al momento de realizar una transferencia son el tiempo durante el cual se lleva a cabo la TE, la ubicación en el cuerno uterino para la deposición de los embriones y la puntuación o dificultad que toma la transferencia al realizarse (Roper, et al., 2018).

Estas nuevas biotecnologías reproductivas ayudan a mejorar los parámetros reproductivos de los bovinos como la tasa de preñez, tasa de concepción o intervalo parto-concepción (Bustillo & Melo, 2020).

Cabe recalcar que el lavado embrionario como lo expone Ponce (2015), es un proceso que se lleva cabo para eliminar la mayor cantidad de patógenos que pueden llegar a contar los embriones; para llevar a cabo este proceso se lleva a cabo el uso de solución salina fisiológica (s.s.f) con antibióticos, generalmente gentamicina, a su vez el uso de albumina sérica bovina y dos gotas de tripsina al 25%; estos lavados se realizan alrededor de 5 veces, de tal manera evitamos posibles infecciones por *Brucella abortus*, IBR o fiebre aftosa.

2.2.2.3 Selección de embriones.

Para evaluar y clasificar los embriones primero se deben recuperar y para ello Ponce (2015), recomienda realizar una anestesia epidural en vacas nerviosas, usar material estéril y tener consigo los siguientes materiales: catéter de 52 cm de silicona, fiador de 60 cm, una llave de tres vías, jeringas de 60 y 100 ml, filtro de recogida de embriones, dilatador cervical, líquido de recogida, gelatina sin espermicida especial para recogida de embriones.

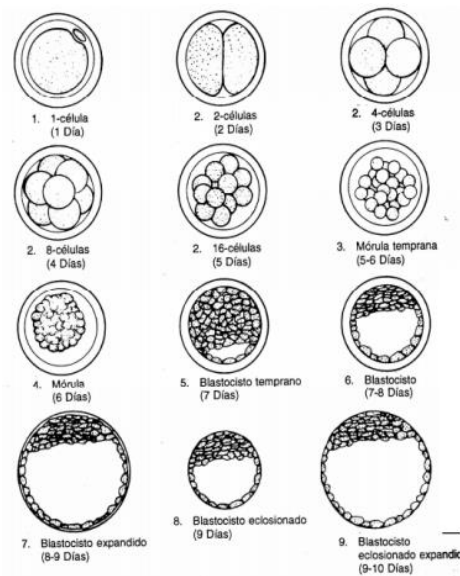
Para Aguilar (2019), clasifica los embriones según su estructura con base en las normas establecidas por la Asociación Internacional de Transferencia de Embriones (IETS), con la valoración que va del 1 al 8 como se plantea en la Tabla 3 y en la Figura 4.

Tabla 3.

Etapas de desarrollo embrionario.

Etapa embrionaria	Desarrollo	Día
Sin fecundar	Solo hay presencia de una célula en el espacio embrionario, la zona pelucida intacta y su memb. vitelina esférica	1 día
2-12 Células	El embrión contiene al redor de 12 células, siendo estructuras inviables para su preservación o transferencia	2-5 día
Mórula joven	Se hayan aproximadamente 16 blastómeros ocupando gran parte del espacio perivitelino. Estos pueden ser transferidos, pero no preservados.	5-6 día
Mórula compacta	Hay una aglomeración de los blastómeros ocupando entre un 60-70% del espacio perivitelino	6 día
Blastocito joven	Su característica general es la presencia de líquido (blastocele), las células embrionarias ocupan de un 70-80%	7 día
Blastocito	Diferenciación de trofoblastos manteniendo su tamaño	7-8 día
Blastocito expandido	Hay un aumento de tamaño del blastocele que ocupa gran parte del espacio.	8-9 día
Blastocito eclosionado	Se encuentra liberado en la zona pelucida, embriones ya son esféricos	9 día
Blastocito expandido eclosionado	Es similar al anterior, pero se diferencian, exceptuando el tamaño que es superior.	9-10 día

Nota. Macuacé (2021).

Figura 4.*Desarrollo embrionario.*

Nota. (Ponce, 2015)

Los embriones para su transferencia se clasifican según el código de calidad de 1 a 4 como se muestra en la Tabla 4 (Phillips & Jahnke, 2016).

Tabla 4.

Clasificación del embrión según la sociedad internacional de transferencia de embriones.

Calidad	Definición	Irregularidades
I	Excelente-Buena	Relativamente menores, el 85% de la masa embrionaria es viable
II	Regular	Presenta irregularidades moderadas, un 50% del embrión es viable
III	Deficiente	Gran cantidad de irregularidades que afectan la masa, tamaño y color; solo el 25% del embrión es viable
IV	Muerto-Degenerado	Embriones degenerados, ovocitos no fértiles o embriones de una sola célula.

Nota. Phillips & Jahnke (2016).

2.2.2.4 *Transferencia de embriones congelados.*

La congelación de embriones producidos *in vivo* es una técnica que se lleva cabo para la congelación a bajas temperaturas (-196 °C) de los embriones y el uso de etilenglicol como crioprotector permite el almacenamiento embrionario sin la pérdida de su funcionalidad (Pelaez, 2011).

De acuerdo con lo estipulado por Ponce (2015), existen dos tipos de crioprotectores embrionarios que ayudan a reducir los daños causados por el enfriamiento; los que se clasifican en *penetrantes* de los cuales pertenece el glicerol, etilenglicol, etanol y dimetil sulfoxido (DMSO) siendo sustancias de bajo peso molecular; en cambio los *no penetrantes* son aquellas sustancias de alto peso molecular como la sacarosa, fructosa o glucosa.

Este proceso de congelación y descongelación de embriones bovinos tiene como ventajas principalmente permitiendo el transporte de material genético a cualquier parte del mundo, el almacenamiento y disponibilidad de embriones, ventajas comerciales en ventas, su uso en cualquier época del año, entre otras; sus desventajas siendo pocas se basan en una disminución del 10% en índices de gestación comparados con embriones frescos (Córdova et al., 2015).

Los embriones son almacenados en una solución salina taponada de fosfato (PBS) la cual es suplementada con proteínas, su envasado y almacenamiento se realiza en pajillas donde se encuentran congelados sobre soluciones como PBS u otras sustancias de criopreservación; su almacenamiento se deberá hacer en una criocámara a una temperatura de -7°C donde inicialmente se introduce la pajilla para que ocurra el proceso de “cristalización” evitando un sobre enfriamiento, llevando un descenso lento de -0.3 a -0.5 °C/minuto hasta alcanzar los -40°C en la cual se introducen directamente a nitrógeno líquido (Pelaez, 2011).

La vitrificación es el método mejor planteado hasta la fecha que ofrece mejores resultados tras la descongelación, este proceso se basa en la solidificación del embrión mediante la aplicación de hielo evitando la formación de cristales, uno de los riesgos que llega a presentar esta técnica es un enfriamiento rápido de los embriones pero se recomienda disminuir el uso de crioprotectores; por otra parte, el método de congelación lenta, con base en una reducción lenta de temperatura de forma controlada evitando la producción de cristales a nivel de las células embrionarias haciendo uso de crioprotectores (glicerol-etilenglicol de 1,4 y 1,5 Mol/L respectivamente), pajillas para el almacenamiento embrionario y deben ser identificadas por la sociedad internacional de transferencia de embriones. Aunque se debe tener en cuenta que la vitrificación comparado con la congelación lenta, es un método más rápido reduciendo el proceso de criopreservación, se lleva a cabo mediante protocolos sencillos y costos menos elevados (Ponce, 2015).

El proceso de descongelación embrionaria debe ser lo más factible en agua templada a 37°C y ser lavados entre 4 a 6 veces sucesivas en soluciones con concentraciones decrecientes del crioprotector, para posteriormente ser evaluados y realizar el proceso de transferencia embrionaria (Orellana & Peralta, 2007).

El proceso de implantación embrionaria en las hembras receptoras, según Pelaez (2011), se estima que deben existir cinco hembras receptoras por donante si se realiza una transferencia embrionaria sin procesos de congelación, aunque este como se mencionó anteriormente nos permite la conservación de los mismos por más tiempo.

Para la selección de esta hembra se deben tener en cuenta ciertos factores: la ciclicidad de la hembra, condición corporal, tamaño y conformación perineal, historial reproductivo y ser menor de ocho años (Ponce, 2015)

De acuerdo con Pelaez (2011) la transferencia a la receptora se lleva a cabo mediante el método transcervical; para ello se deben escoger las hembras que estén en estro, una vez seleccionado el embrión y clasificado según su desarrollo y calidad, del mismo modo que para la obtención se debe llevar a cabo una anestesia epidural para su implantación, posteriormente limpieza de la zona perineal y vulva e implantación del embrión a nivel del cuerno ipsilateral a donde se encuentra el CL mediante la pajilla estéril, tratando de llevarse a cabo lo más rápido posible.

3 Capítulo III

3.1 Metodología

Este informe de investigación se realizó mediante una metodología descriptiva y de campo, como parte de uno de los objetivos del macroproyecto titulado: “FORTALECIMIENTO DEL SECTOR GANADERO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS SOSTENIBLES EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO BPIN201500010086” formulado por la Universidad de Pamplona en el año 2019 y cuya ejecución dio inició en el mes de noviembre de 2020. Debido a que una parte de la ejecución del proyecto contempla la generación de una línea base que contenga los diferentes componentes del mismo, entre ellos, el aspecto reproductivo, en este trabajo se documenta la información recopilada en una población total de 251 ganaderos bovinos beneficiados, para esto se empleo una plataforma tecnológica cuyo proveedor fue el Centro de Sistematización Ambiental S.A.S – CSA Tecnología GIS, empresa que desarrola softwares centrados en temas como catastros, estudios sociales, censos, caracterizaciones entre otros y se instalo en diferentes equipos móviles con los cuales los evaluadores y dinamizadores del proyecto lograron recolectar la información en campo, para posteriormente ser tratados en una hoja electrónica de excel.

Los municipios de Orito, Puerto Asís, Valle del guamuez y Villagarzon se encuentran ubicados en un rango de altura de 250 a 426 msnm, con temperaturas promedio entre los 25° y 27° y donde se alojan 204.643 mil habitantes que representan el 56.98% de la poblacion total del departamento. La poblacion intervenida fueron 251 productores de ganado bovino ubicados sobre una region de clima tropical lo que la destaca como un area con condiciones para ejercer sistemas de produccion bovina doble proposito.

En la primera fase del proyecto se solicitaron una serie de documentos a los potenciales aliados por parte de cada uno de los comités de ganaderos de los municipios seleccionados, se constató la legalidad de los predios y su tenencia, el cumplimiento de los planes de vacunación obligatorios para el ganado bovino dentro de los ciclos de vacunación contra fiebre aftosa y brucelosis de los dos últimos años, además debían contar con la disponibilidad de mínimo 1 hectárea de suelo para implementar modelos silvopastoriles y de 5 hembras bovinas en condiciones físicas y sanitarias para realizar la sincronización del celo y posterior recepción de los embriones. Después, quienes cumplieron con los requisitos quedaron dentro del estatus de preseleccionados para después continuar con la tercera parte donde se llevaron a cabo visitas de campo a cada uno de los productores que clasificaron, a los cuales se realizó la evaluación del predio y una encuesta haciendo uso de la herramienta tecnológica llamada Censos y Encuestas Geo-Referenciadas®, la cual está compuesta por varios aspectos entre ellos el que recopila la información reproductiva de cada lote ganadero en su correspondiente predio y de donde se toma la información para el diagnóstico sobre el estado actual de las biotecnologías reproductivas, si las usan o no, frecuencia de uso y cuáles son, además de otros aspectos evaluados en el área reproductiva.

4 Capítulo IV

4.1 Resultados

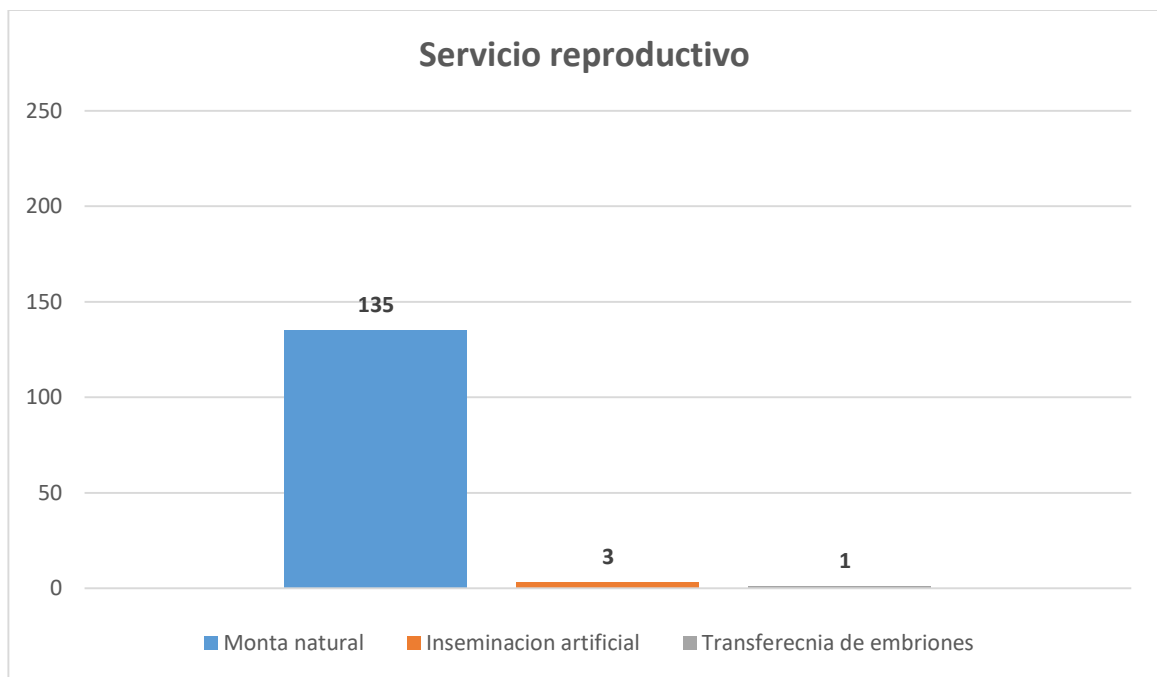
De los 251 que fueron seleccionados, se logró obtener datos de 194 ganaderos antes de terminar el tiempo de la pasantía, los cuales estuvieron distribuidos por municipio de la siguiente manera: 39 ganaderos para el municipio de Orito, 55 ganaderos para Puerto Asís, 38 ganaderos para el Valle de Guamuez y 62 ganaderos para el municipio de Villagarzón.

Un total de 55 encuestas presentaron problemas al momento de la sincronización por parte del proveedor digital lo que redujo el número final de la muestra a 139 ganaderos, dentro de los aspectos reproductivos solo se logró obtener datos concretos de la forma como realizan el servicio reproductivo, el método para la detección de celo, los métodos para el diagnóstico gestacional,, con que equipos reproductivos cuentan los ganaderos, la frecuencia en la que acuden a la asistencia técnica, la relación entre número de hembras por toro, la procedencia de los machos reproductores, frecuencia de evaluación andrológica, problemas reproductivos presentados en hembras, y si se diagnostica enfermedades reproductivas en ambos sexos.

De los ganaderos, 135 manifestaron realizar el servicio reproductivo de la forma tradicional por medio de la monta natural, 3 indicaron que hacen uso de la inseminación artificial y tan sólo uno emplea transferencia de embriones como se ve reflejado en la Figura 5.

Figura 5.

Proporción de servicios reproductivos obtenidos en los métodos evaluados.



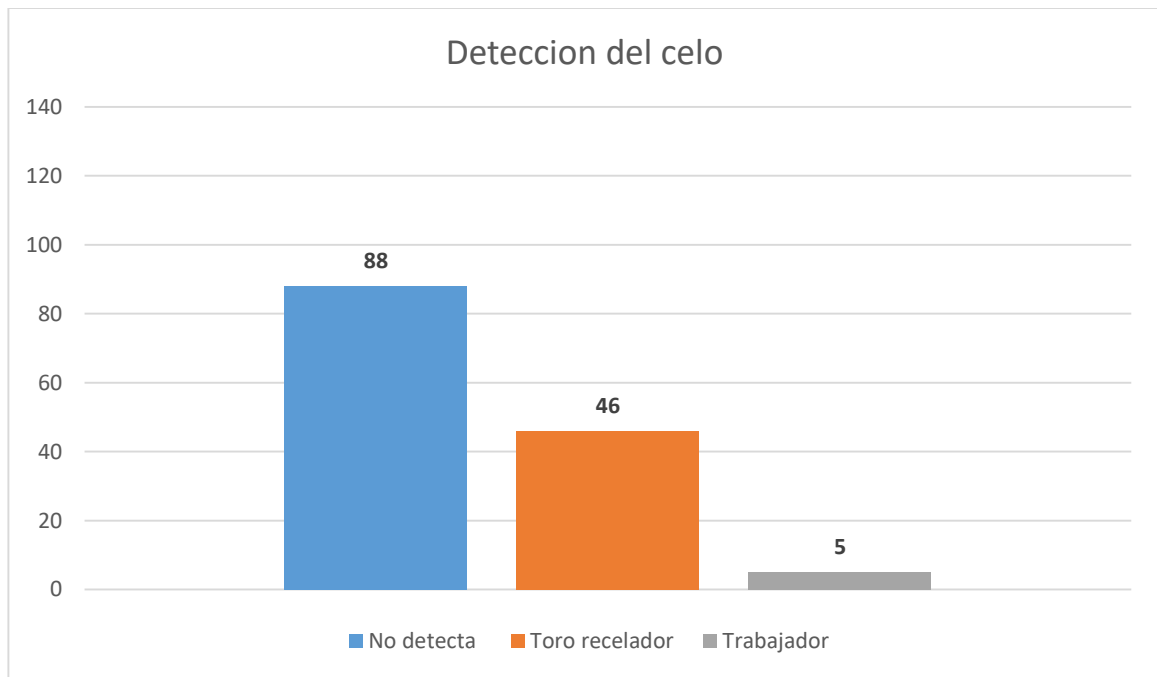
Nota. Macuacé (2021)

De acuerdo a la figura anterior, se puede concluir que la monta natural representa el 97.12% de los servicios reproductivos en las ganaderías bovinas doble propósito entre los pequeños y medianos ganaderos, el 2.158% correspondió a la inseminación artificial y el 0.719% para la transferencia de embriones.

Otro aspecto que se evaluó a través de la encuesta fue la detección del celo, cuyos resultados se representan en la Figura 6.

Figura 6.

Métodos como detectan el celo los ganaderos encuestados.



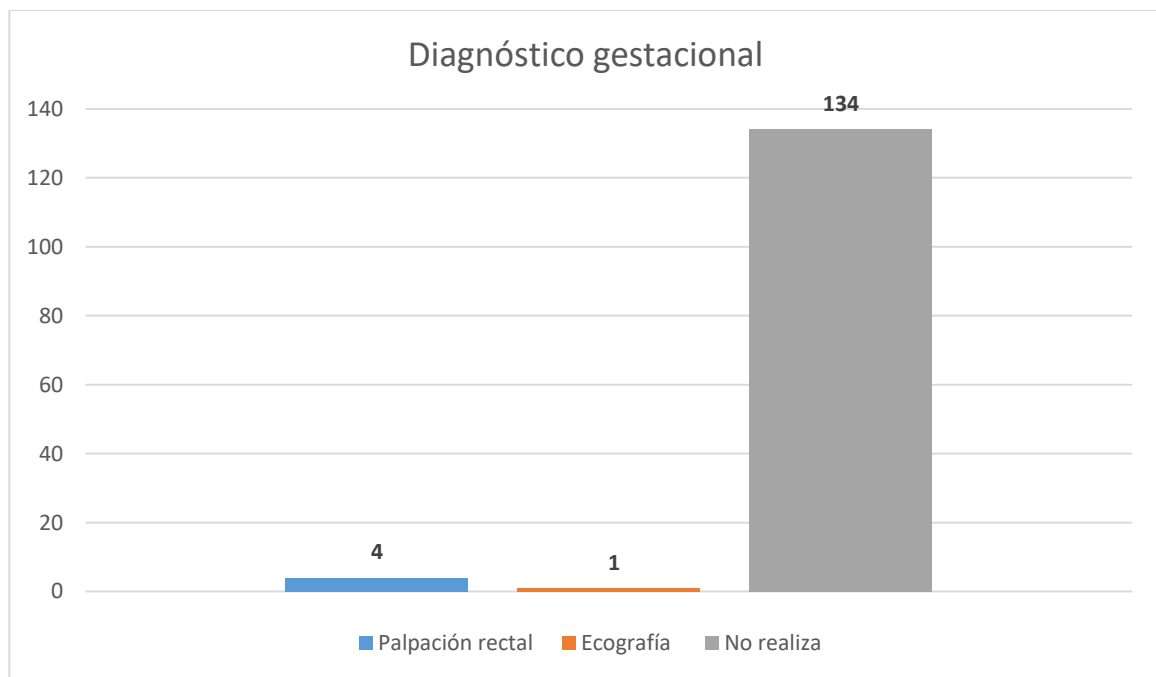
Nota. Macuacé (2021).

De acuerdo a la Figura 6 el 33.09% de los ganaderos detectan el celo empleando un toro recelador, el 3.59% lo hacen mediante la observación por parte del trabajador y el 63.3% restante no lo detectan.

También se evaluaron que métodos empleados por los ganaderos para el diagnóstico gestacional y se demuestra en la Figura 7.

Figura 7.

Grafica del uso de los métodos existentes para el diagnóstico de la preñez.



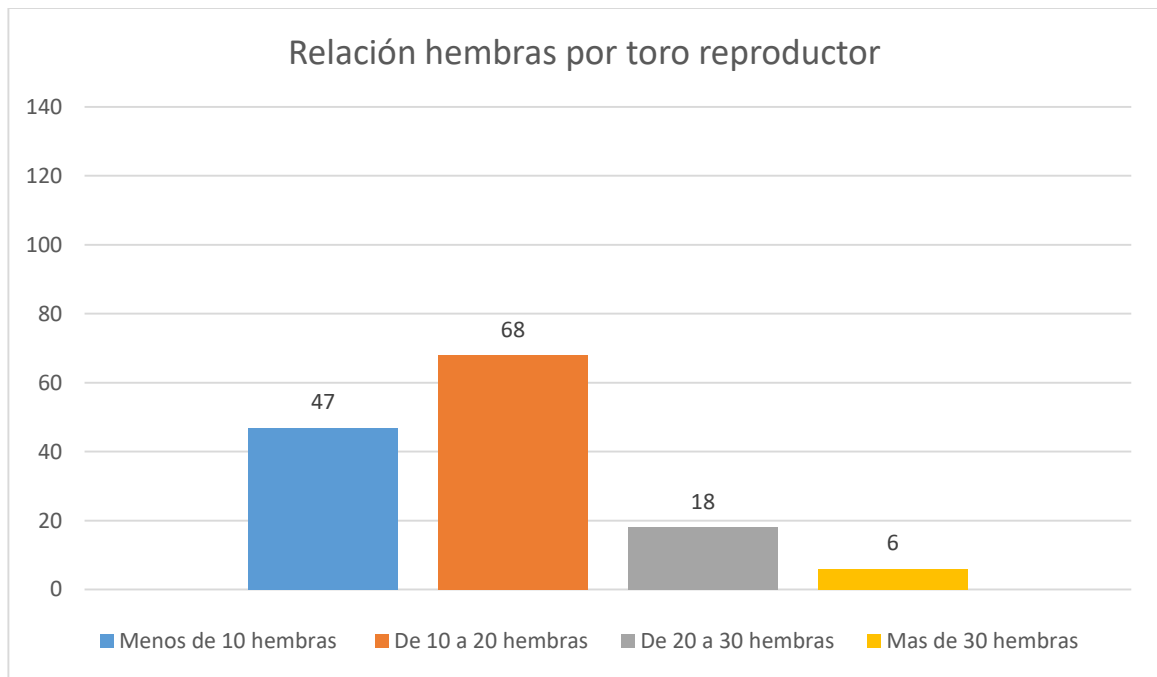
Nota. Macuacé (2021).

Según la Figura 7, se obtuvieron los siguientes porcentajes: el 2.87% recurre a la palpación, el 0.719% a la ecografía y el 96.4% no hace uso alguno de un método diagnóstico. Los ganaderos tampoco cuentan con equipos para la reproducción como el kit de IA o un ecógrafo y solo el 3.59% de la muestra evaluada recibe o recurre a la asistencia técnica en el área reproductiva.

En la encuesta se evaluaron algunos aspectos referentes a los machos reproductores, entre las preguntas están la relación entre macho y hembras, cuyo porcentaje se consolida en la Figura 8, otra pregunta fue la de la procedencia del reproductor, si es propio criado, propio ingresado o prestado como se muestra en la Figura 9. Ninguno de los ganaderos reportó realizar evaluación andrológica a los machos y tampoco manifestaron ver realizado pruebas para enfermedades reproductivas en los reproductores.

Figura 8.

Porcentaje del número de hembras por toro en diferentes intervalos.

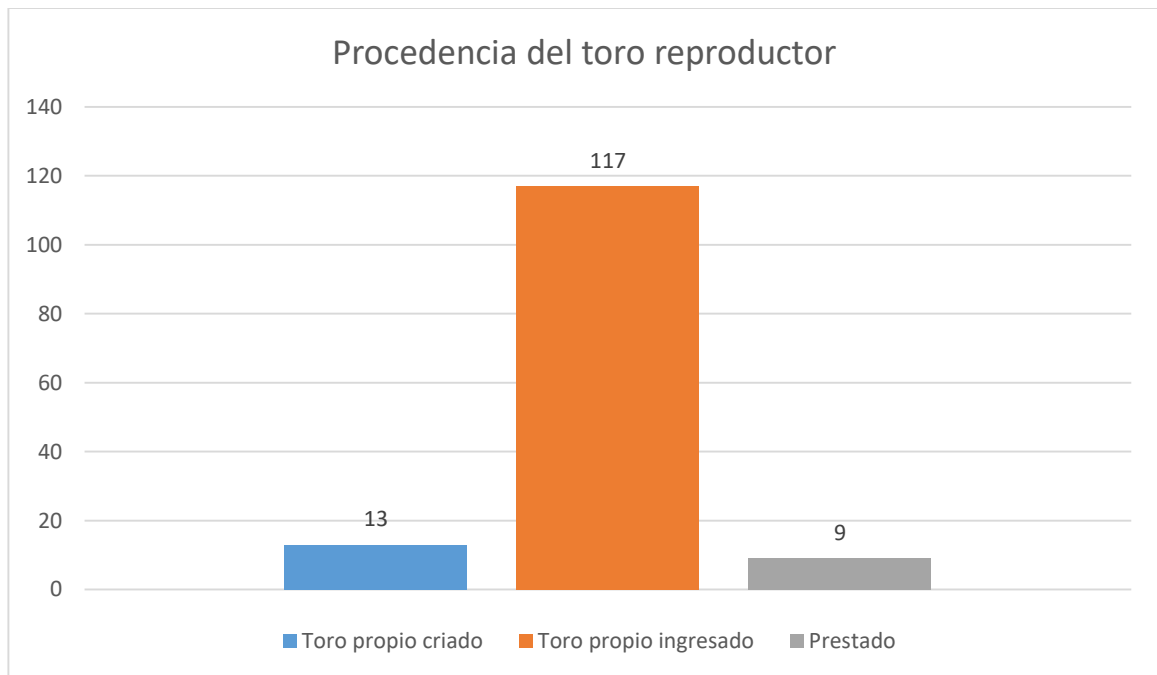


Nota. Macuacé (2021).

En los datos obtenidos sobre el macho reproductor el 48.9% utiliza un toro por cada 10 a 20 hembras, el 33.8% un toro por menos de 10 hembras, el 12.9% un toro por cada 20-30 hembras y el 4.31% un toro por más de 30 hembras.

Figura 9.

Porcentaje de la procedencia del macho reproductor.



Nota. Macuacé (2021).

En lo que corresponde a la procedencia del toro, el 84.17% indicó que el toro era propio ingresado a la finca, el 9.35% que el toro era propio criado en la finca y el 6.47% que el toro era prestado.

Los problemas reproductivos que se midieron fueron la presentación de abortos, partos distócicos, la retención de placenta y el prolapso uterino ver tabla 5.

Tabla 5.

Número de casos presentados para cada problema reproductivo evaluado en la encuesta.

Abortos	Retención de placenta	Distocias	Prolapso uterino
33	26	16	12

Nota. Macuacé (2021).

Los resultados obtenidos a la pregunta sobre si se ha diagnosticado alguna enfermedad reproductiva en el predio solo el 2.87% señaló que sí y sólo un ganadero indicó que había sido la brucelosis bovina, el 97.12% indicó que nunca se ha diagnosticado una enfermedad de este tipo.

4.2 Discusión

A pesar de que el descubrimiento de las biotecnologías reproductivas se dió hace ya bastantes años, su implementación ha estado limitada a productores que disponen de recursos para adoptar las mismas; sin embargo, su empleo se ha limitado, en la mayoría de las veces, a aumentar la tasa de fertilidad de sus animales y no necesariamente a realizar mejoramiento genético que permita obtener un progreso real en cuanto a lo genético en los hatos como uno de los principales fines de estas biotecnologías. El proceso de transferencia de embriones puede costar entre un millón \$500 mil y \$2 millones, todo depende del poder adquisitivo del interesado (contexto ganadero, 2016). Aunque hoy en día existen alternativas más económicas como la fertilización *In vitro*, el factor económico mantiene una brecha enorme entre los pequeños ganaderos y esta biotecnología, lo cual se evidencia con la poca o nula demanda de su uso como fue el caso de esta investigación donde el uso de la transferencia de embriones solo obtuvo el 0.719% de la muestra analizada.

Tal como lo expresa Morales (2017), los conocimientos en las áreas de las biotecnologías van aumentando, como aumenta el interés por parte de los ganaderos de América latina, afirmación que contrasta fuertemente con los datos obtenidos en la presente investigación, en otros casos la implementación de sistemas de explotación tradicional, no aviva el interés por parte de los pequeños y medianos ganaderos en implementar programas de mejoramiento genético. Los entes institucionales y gubernamentales también tienen un rol importante a la hora de poder acercar estas tecnologías y a los productores, teniendo en cuenta las necesidades y los retos que trae consigo el calentamiento global las instituciones deberían optar por fortalecer la capacidad productiva de los ganaderos enfatizando al desarrollo de producciones sostenibles y de menor impacto sobre el medio ambiente.

La situación es aún más crítica debido a que por diferentes razones los productores no llevan registros productivos, reproductivos y sanitarios, lo que dificulta aún más la obtención de datos a partir de los cuales se pueda evaluar el comportamiento de sus ganados. Por tanto, uno de los objetivos dentro del proyecto es capacitar a los beneficiarios en diferentes temas que les permitan “empresarizar” sus ganaderías y lograr tener ganados más eficientes y sostenibles productivamente como lo hace la empresa Genética & ganados de Colombia lleva a cabo la implementación de registros completos por animal, protocolos de sincronización de celo, prácticas de inseminación, implementación de chip identificadores y el aporte de un balance nutricional (Casadiegos, 2020)

En Colombia, la inseminación artificial, se ha convertido en la herramienta tecnológica más usada frecuentemente en las explotaciones ganaderas, con el fin de aumentar la productividad de la actividad (Caraballo, 2015). Tal como se pudo evidenciar a través de las encuestas y diferentes visitas de campo realizadas, el uso de las biotecnologías reproductivas en los productores beneficiarios vinculados al proyecto es bajo y fundamentalmente está enfocado al empleo de la IA, su uso se hace con el fin de aumentar la tasa de fertilidad de los ganados, sin tener una orientación hacia el mejoramiento genético, como fin último de la producción animal.

El uso de la biotecnología reproductiva a través de la IATF es una posibilidad para mejorar la genética, reducir los costos y aumentar las ganancias como lo expone Baos (2018). Sin embargo los resultados de esta investigación demostró que solo el 2.15% de los ganaderos usan la IA, por ende los beneficios de implementar este tipo de herramientas no tendrán mayor impacto en las producciones y menos en aquellas que no las usan porque ninguno de los beneficios mencionados con anterioridad se van a desarrollar a gran escala.

Mediante el proyecto formulado por la Universidad de Pamplona y que actualmente se encuentra en ejecución en los municipios de Orito, Puerto Asís, Valle del Guamuez y Villa Garzón, del departamento del Putumayo, se busca fortalecer las capacidades tecnológicas en los pequeños y medianos productores ganaderos enfatizando en la transferencia de tecnología, la implementación de arreglos silvopastoriles y agropastoriles, y el establecimiento de un plan de transferencia de embriones con enfoque sostenible ejecutado y supervisado por la Universidad de Pamplona, apuntando siempre al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), tema sobre el cual se viene discutiendo desde el año 1972, época para la cual se llevó a cabo la Cumbre de Estocolmo y se visibilizó por primera vez el término de sostenibilidad.

El mejoramiento genético clásico se desarrolla a partir de datos productivos obtenidos de la población objeto de éste, lo que se conoce en la actualidad como genética cuantitativa, y es por ello que con el presente trabajo se hace necesario empezar con el conocimiento o diagnóstico de la situación actual de los ganados incluidos en éste, lo que generará una línea base a partir de la cual se enfocarán las estrategias propuestas.

5 Capítulo V

5.1 Conclusiones

El pequeño y mediano ganadero tiene diversas dificultades para acceder a las biotecnologías como la IA y la transferencia de embriones, razón por la cual la población bovina no va a aumentar y mucho menos se va a generar un mejoramiento genético de los hatos.

La dificultad para realizar una correcta evaluación reproductiva de los machos reproductores trae consigo como consecuencia la diseminación de enfermedades reproductivas de origen bacteriano y viral que pueden causar deterioro en la producción ganadera disminuyendo la rentabilidad conllevando a grandes pérdidas económicas, además que las tasas de concepción se pueden ver reducida por la infertilidad y subfertilidad de los toros.

No realizar un temprano diagnóstico de preñez mediante el uso de la ecografía o la palpación rectal puede conllevar a presentar dificultades al momento de mejorar los indicadores productivos en los hatos al no haber un control de los días abiertos y de las vacas repetidoras.

El bajo número de ganaderos que tienen acceso a las asistencias técnicas, trae como consecuencia una disminución de los indicadores reproductivos y productivos que afectan la prolongación en el tiempo de proyectos ganaderos, haciendo que este tipo de actividades sean poco atractivas, para esto se deberán generar estrategias por parte de los entes gubernamentales y poder llevar este servicio a los productores.

La presencia de abortos en los hatos ganaderos se puede correlacionar a la falta de un diagnóstico adecuado para enfermedades infecciosas que afectan el sistema reproductivo tanto en machos como en hembras.

5.2 Recomendaciones

Se hace necesario un estudio más profundo y de mayor duración sobre el uso de las biotecnologías reproductivas en los ganaderos bovinos de áreas alejadas de los grandes sectores productivos y donde existen limitaciones para acceder a estas herramientas.

Las instituciones académicas son un eslabón importante en la cadena a seguir con el proceso pedagógico referente a la implementación y beneficios que brindan estas tecnologías al productor y a la sostenibilidad, por eso se debería fortalecer su participación en este tipo de proyectos.

Por parte del estado debe existir un mayor apoyo, el cual debe ser enfatizado en llevar estas biotecnologías y otras herramientas a los ganaderos que no cuentan con la rentabilidad suficiente para implementar programas de mejoramiento genético en bovinos.

6 Referencias

- Aguilar, R. (2019). *efecto de dos protocolos de superovulación en cantidad y calidad de embriones bovinos producidos in vivo*. peru: escuela profesional de ingeniería zootecnista.
- Aldana, B., & Pinilla, L. (2021). *Técnicas de biotecnología reproductiva para obtención de embriones bovinos*. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Baos, A. (2018). *Implementación de un programa de mejoramiento genético, mediante el uso de la biotecnología de inseminación artificial a tiempo fijo, en la especie bovina en el municipio de Sucre (Cauca)*. Popayan: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Borja, S. (2018). *Evaluación del método de transferencia embrionaria en novillas y vacas receptoras en una hacienda de producción bovina*. Machala: UTMACH.
- Brito, L., Maggitti, L., Assis, P., Costa, I., Gomes, J., Galvao, M., . . . Lisboa, A. (2020). Effects of equine chorionic gonadotropin administered via the Baihui acupoint on follicular ovarian dynamics and the luteal function of cattle during an ovulation synchronization treatment regimen for fixed-time artificial insemination. *Animal Reproduction Science*.
- Bustillo, J., & Melo, J. (2020). *Parámetros reproductivos y eficiencia reproductiva en ganado bovino*. Meta: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Caraballo, G. (2015). *Análisis de las oportunidades en la adopción de técnicas reproductivas Canadienses, para la mejora del hato bovino Colombiano*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Casadiegos, J. (2020). *Administrar y gestionar procesos reproductivos usando protocolos de sincronización en la empresa genética y ganados de Colombia, Hacienda la Margarita municipio Río de Oro-Cesar*. Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander.
- CONtexto Ganadero. (14 de Julio de 2016). *¿Cuanto vale producir un embrión bovino?* Obtenido de CONtextoganadero: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/cuanto-vale-producir-un-embrión-bovino>

- Contexto Ganadero. (12 de Junio de 2020). *Los nuevos retos de las biotecnologías reproductivas*. Obtenido de CONtexto Ganadero:
<https://www.contextoganadero.com/evento/los-nuevos-retos-de-las-biotecnologias-reproductivas>
- Córdova, A., Guerra, J., Villa, A., Olivares, J., Cansino, G., Juárez, M., & Pérez, J. (2015). Congelación de embriones bovinos. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 22-40.
- Díaz, L. (2021). *Mejoramiento De Los Parámetros Reproductivos Y Productivos En La Finca El Secreto Mediante La Técnica De Inseminación Artificial Bovina*. Universidad Nacional Abierta Y A Distancia.
- Dominguez, R., Arechiga, C., Lopez, M., Cortes, Z., Rincón, M., Carrera, J., . . . Hernandez, J. (2020). Efecto del reemplazo folicular (GnRH) y de somatotropina bovina (bST) sobre la fertilidad de vacas lecheras expuestas a estrés calórico. *Rev. Pecuaria de Ciencias Agrarias*, 738-756.
- FAO. (2021). *Genética Animal*. Obtenido de FAO : <https://www.fao.org/animal-genetics/es/>
- FEDEGAN. (27 de Junio de 2017). *Conozca el censo pecuario nacional del ICA 2017*. Obtenido de FEDEGAN: <https://www.fedegan.org.co/noticias/conozca-el-censo-pecuario-nacional-del-ica-2017>
- Foot, R., & Parks, J. (2002). Artificial Insemination. *Gamete and embryo technology*, 602-609.
- Galli, C., Duchi, R., Colleoni, S., Langutina, I., & Lazzari, G. (2014). Ovum pick up, intracytoplasmic sperm injection and somatic cell nuclear transfer in cattle, buffalo and horses: from the research laboratory to clinical practice. *Theriogenology*, 138-151.
- García, J. (2019). *Actualización en protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo*. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Guevara, C., & Buitrago, D. (2021). *Actualización en los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (iatf) en bovinos*. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia .

- Gutiérrez, J., Palomares, R., Sandoval, J., Ondíz, A., Portillo, G., & Soto, E. (2005). Uso del protocolo ovsynch en el control del anestro postparto en vacas mestizas de doble propósito. *Revista Científica*, 7-13.
- Marcondes, M., Fonseca, A., Zamparone, L., & Morotti, F. (2020). Follicular wave synchronization prior to ovum pick-up. *Theriogenology*, 180-185.
- Marizancén, M., & Artunduaga, L. (2017). Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 247-259.
- Molina, R., Herrera, J., Arroyo, C., & Caballero, D. (2020). Experiencias en el uso de la transferencia de embriones para crear un hato Girolando en Pococí, Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*, 187-208.
- Monteiro, P., Borsato, M., Silva, F., Patra, A., Wiltbank, M., & Sartori, R. (2015). Increasing estradiol benzoate, pretreatment with gonadotropin-releasing hormone, and impediments for successful estradiol-based fixed-time artificial insemination protocols in dairy cattle. *American Dairy Science Association*, 1-14.
- Moore, S., & Hasler, J. (2017). A 100-Year Review: Reproductive technologies in dairy science. *American Dairy Science Association*, 10314–10331.
- Morales, J. (1 de Mayo de 2017). *Las biotecnologías reproductivas en bovinos como herramientas en la producción de leche*. Obtenido de Ganadería.com: <https://www.ganaderia.com/destacado/Las-biotecnolog%C3%ADas-reproductivas-en-bovinos-como-herramientas-en-la-producci%C3%B3n-de-leche>
- OIE. (2021). *Papel de Los Servicios Veterinarios*. Obtenido de OIE-Organización Mundial de Sanidad Animal: <https://www.oie.int/es/que-hacemos/iniciativas-mundiales/seguridad-sanitaria-de-los-alimentos/papel-de-los-servicios-veterinarios/#:~:text=Prevención%20y%20control%20de%20las,introduzcan%20en%20la%20cadena%20alimentaria>.

- Orellana, J., & Peralta, E. (2007). *Manual de procedimientos para el laboratorio de transferencia de embriones en bovinos de la empresa Genetic Resources International (GRI) and Sexing Technologies*. Honduras.
- Palma, G., & Brem, G. (2001). BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN. *Biotecnología de la reproducción*, 1-19.
- Parkinson, T., & Morrell, J. (2019). Artificial Insemination. En D. Noakes, T. Parkinson, & G. England, *Veterinary Reproduction and Obstetrics (Tenth Edition)* (págs. 746-777). USA: ELSEVIER.
- Pelaez, V. (2011). *producción in vitro de embriones bovinos*. Mexico: Universidad de Cuenca.
- Phillips, P., & Jahnke, M. (2016). Embryo Transfer (Techniques, Donors, and Recipients). *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 365-385.
- Ponce, N. (2015). *Transferencia de embriones en el ganado bovino*. Universidad Cadenal Herrera.
- Rodríguez, C. (2021). *Uso de la técnica de inseminación artificial en los programas de repoblamiento bovino, como una alternativa para generar desarrollo ganadero en el municipio de Güepsa, Santander*. Santander: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Roper, D., Neal, F., Lannett, J., Hopkins, F., Prado, T., Wilkerson, J., . . . Smith, W. (2018). Factors in cattle affecting embryo transfer pregnancies in recipient animals. *Animal Reproduction Science*.
- Saldarriaga, E. (2009). *Análisis comparativo entre inseminación artificial a tiempo fijo e inseminación artificial a celo detectado, con sus variables económicas y reproductivas*. Caldas: Corporación universitaria lasallista.
- Stinshoff, H., & Wrenzycki, C. (2015). Bedeutung der Biotechnologie beim Rind in Europa. *Tierärztl Prax*, 115–122.
- Sumba, J. (2012). *Inseminación artificial con celo natural en vacas productoras de leche sin el proceso de descongelado en el cantón paute*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

Vera Cedeño, J. (2017). *Efecto del celo y el tratamiento con gnrh sobre la tasa de concepción en programas de inseminación artificial y transferencia de embriones bovinos*. Córdoba: Instituto de Reproducción Animal Córdoba.

Zarate, O., Cisneros, J., Canseco, R., Montiel, F., & Carrasco, A. (2018). *Transferencia de embriones bovinos criopreservados: efecto de la blastocentesis*. Mexico: Universidad Veracruzana.