

Pilares de la ganadería bovina



Agradecimientos



El conocimiento
es de todos

Minciencias



Universidad de la Amazonia

Fabio Buriticá Bermeo

Rector

Juan Carlos Suárez Salazar

Vicerrector de investigaciones y posgrados

Edna Gicela Ortiz Morea

Directora del proyecto

Estratégica Comunicaciones S.A.S

Investigación - edición - producción



Esta obra deberá ser citada de la siguiente manera:

Vallejo Aristizabal, V. H., et al., 2021. Pilares de la ganadería bovina. 1. Editorial Universidad de la Amazonia. 103 pp.

Incluye bibliografía.

© Editorial - Universidad de la Amazonia

Autor(es): Vallejo Aristizabal, Viviana Helena; Zapata Ortiz, Cesar Augusto; Toro Ospina, Alejandra María; Ortiz Morea, Fausto Andres & Ortiz Morea, Edna Gicela.

ISBN (Digital): 978-958-5484-62-7

Número y año de edición: Primera edición, 2022.

Diagramación y diseño de cubierta: Estratégica comunicaciones

Universidad de la Amazonia
Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados
Editorial Universidad de la Amazonia
Campus Porvenir: Calle 17 Diagonal 17 con Carrera 3F - Barrio Porvenir
Contacto: vrinvestigaciones@udla.edu.co

Depósito Legal: Biblioteca Nacional de Colombia.

Prohibida la reproducción total o parcial de este con fines comerciales. Su utilización se puede realizar con carácter académico, siempre que se cite la fuente.



Este documento se desarrolló en el marco del Proyecto de Investigación Desarrollo experimental en genómica animal, para el mejoramiento de las características productivas del ganado bovino en el departamento del Caquetá BPIN 2018000100120.

Financiado por el Sistema General de Regalías (SGR) - MINCIENCIAS, ejecutado por la Universidad de la Amazonia y la Gobernación del departamento del Caquetá y como entidad operadora la empresa In Vitro Colombia. Florencia-Caquetá, 2022

Diseño y diagramación
Estratégica comunicaciones

Biografía

Viviana Helena Vallejo

Médica Veterinaria egresada de la Universidad de Antioquia- Colombia, con maestría y doctorado en Biotecnología animal, área de reproducción por la Universidade Estadual Paulista, UNESP de Brasil. Su quehacer profesional ha estado orientado a la producción de embriones equinos y bovinos. Además de tener conocimientos en otras biotecnologías de la reproducción, como proteómica, genómica y manejo de células tronco. Con experiencia investigativa en formulación, estructuración, gestión e implementación de proyectos, orientar trabajos científicos, prestar asesorías e impartir clases referentes a reproducción animal y sus biotecnologías.

Cesar Augusto Zapata Ortiz

Docente investigador de la Universidad de la Amazonia, adscrito a la Facultad Ciencias Agropecuarias, con formación profesional en Medicina Veterinaria y Zootecnia, especialista en Sistemas Sostenible de Producción Pecuaria, magíster en Agroforestería y actualmente, candidato a Doctor en Ciencias Naturales y Desarrollo Sustentable. Su experiencia está relacionada con la nutrición y alimentación animal, manejo sanitario para la prevención y control de parásitos internos y externos y todo lo relacionado a las enfermedades infecciosas, siempre velando por el bienestar animal y sostenibilidad en los sistemas de producción animal.

Alejandra María Toro Ospina

Profesional en Zootecnia por la Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal UNISARC - Colombia, con Maestría y Doctorado en Genética y Mejoramiento Animal por la Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" UNESP - SP, Brasil. Con experiencia en investigación en el área de Genómica aplicada al mejoramiento animal, bioinformática, genética cuantitativa y molecular. Experiencia en programas de mejoramiento genético en bovinos, análisis poblacionales y selección de bovinos. Trabajando en programas de mejoramiento genético de razas cebuinas, actividades de docencia en las disciplinas de mejoramiento animal y estadística aplicada a la producción animal.



Fausto Andrés Ortiz Morea

Docente Investigador de la Universidad de la Amazonia, con formación doctoral en las áreas de genética, bioquímica y biotecnología. Coordinador científico del laboratorio de Agrobiotecnología del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual. Su principal interés es entender a nivel molecular el funcionamiento de los organismos que integran los agroecosistemas, así como usar este conocimiento para el desarrollo de estrategias y biotecnologías que permitan potenciar la productividad de los sistemas de producción agropecuario de una manera sostenible.

Edna Gicela Ortiz Morea

Profesional en Biología por la Universidad de la Amazonia con Maestría y Doctorado en Genética y estudio de pos doctorado en ciencias químicas y biológicas por la Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, Brasil. Conocimientos, habilidades y destrezas en formulación, liderazgo, ejecución, supervisión y asesorías de proyectos de investigación relacionados a genética, biología molecular, bioquímica, bioinformática, mejoramiento genético e ingeniería genética. Actualmente actúa como directora de un proyecto de mejoramiento animal en ganadería bovina.

Este documento se desarrolló en el marco del proyecto de investigación “Desarrollo experimental en genómica animal para el mejoramiento de las características productivas del ganado bovino en el departamento del Caquetá”, código BPIN 2018000100120, financiado por el sistema general de regalías (SGR) – MINCIENCIAS, ejecutado por la Universidad de la Amazonia con el apoyo de la gobernación del Caquetá e In Vitro Colombia.

Indice

INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO 1. GENÉTICA Y MEJORAMIENTO	14
INTRODUCCIÓN AL MEJORAMIENTO GENÉTICO BOVINO	14
¿Qué es genética?	14
¿Por qué es importante la genética animal?	15
¿Cómo se usa la genética?	15
¿Qué es mejoramiento genético?	16
¿Cómo funciona?	16
¿Por qué se realizan los programas de mejoramiento genético?	16
La realidad actual	17
RAZAS Y CRUZAMIENTOS DE BOVINOS	17
Razas y cruces sintéticos más usados en Colombia	19
¿Qué es heterosis o vigor híbrido?	19
¿Por qué se usan cruzamientos F1?	19
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICA DE INTERÉS ECONÓMICO	19
Producción de leche en Colombia	19
Producción de carne en Colombia	20
IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAMIENTO GENÉTICO:	
EVALUACIÓN GENÉTICA Y SELECCIÓN DE ANIMALES.	22
Producción de carne	22
Producción de leche	23
Características productivas	23
¿Qué es la evaluación genética	24
Factores importantes para una evaluación genética	24
¿QUÉ ES UNA DEPS Y PTAS? ¿CÓMO INTERPRETARLAS EN CATALOGO DE TOROS Y HEMBRAS?	25
Interpretación	25
Como interpretar los resultados de DEPS o PTAs	26
IMPORTANCIA DE LOS MARCADORES MOLECULARES: TEST DE PATERNIDAD	27
Marcadores moleculares	27
Microsatélites	27
Polimorfismo de un solo nucleótido (SNP)	27
Cómo funcionan las pruebas de paternidad	28
Pero ¿Qué tiene que ver todo esto con la prueba de paternidad?	29
SELECCIÓN ASISTIDA POR MARCADORES MOLECULARES	30
Ejemplo de uso de MAS	31
El test GeneSTAR	31
Igenity™-L	31
Terneza	31
¿QUÉ ES LA SELECCIÓN GENÓMICA Y POR QUÉ SE USA?	32
Genómica	32
Qué es la selección genómica	32
Importancia y ventajas de un programa de selección genómica	33
Ventajas de selección genómica	33



Cómo se reducirán los costos	33
Cómo se realiza	34
REALIDAD ACTUAL EN LA SELECCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ANIMALES CON VALOR GENÉTICO (NACIONAL E INTERNACIONAL).....	35
Nacional	36
Internacional	36
Por qué Colombia exporta poco en comparación con los demás países	37
Qué potencial tiene Colombia y qué pasos futuros nos llevan a exportar	37
Evaluaciones genéticas genómicas internacionales	38
Que es Interbull y por qué se creó	39
CAPÍTULO 2. SANIDAD BOVINA	42
1. INTRODUCCIÓN A LA SANIDAD	42
1.2 ¿Qué es sanidad bovina?.....	43
2. PLAN SANITARIO ICA: ENFERMEDADES DE CONTROL OFICIAL EN COLOMBIA.....	44
2.1. Enfermedades	44
3. ESTRUCTURA GENERAL DEL PLAN SANITARIO	46
3.1. Manejo del ternero recién nacido	46
3.2. Programa de control de parásitos	47
3.3. Vacunaciones	47
3.4. Podología	48
3.5. Terapia de la vaca seca	49
3.6. Descripción de enfermedades comunes en la zona y/o el predio y Protocolo de tratamientos	49
4. PRINCIPALES ENFERMEDADES EN BOVINOS (PARASITARIAS, BACTERIANAS, VIRALES, Y ZONÓTICAS)	49
4.1. Enfermedades parasitarias	50
4.2. Enfermedades bacterianas	51
4.3. Enfermedades virales	52
4.4. Enfermedades zoonóticas	53
5. REFERENCIAS	55
CAPÍTULO 3. NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN EN BOVINOS	58
3.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERO.....	58
Conceptos: sistema, sistema agrícola, sistema pecuario o ganadero y sistema agropecuario.....	58
• Clasificación del sistema de producción bovina:	59
Sistema de producción de leche.....	59
Sistema de producción de carne.....	60
Sistema de producción doble propósito.....	60
• Tipo de manejo del sistema ganadero:	61
Sistema ganadero extensivo-extractivo	61
Sistema intensivo o de confinamiento.....	62
Sistema ganadero semi intensivo	62
3.2 PRINCIPIOS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL	63
Conceptos: fenología de la planta, forraje, forraje verde (FV), forraje seco o materia seca, pared celular del forraje, contenido celular del forraje, fibra cruda (FC), fibra detergente ácida (FDA) fibra detergente neutra (FDN) y manejo del forraje.....	63

• Estructura del forraje:	66
Pared celular.....	66
Contenido celular.....	69
• Prioridades nutricionales:	70
Proteína;	70
Carbohidrato	70
Grasa	70
Vitaminas: hidrosolubles y liposolubles	70
Minerales: Macrominerales y microminerales	71
Agua.....	73
3.3 FORRAJE: PRINCIPAL ALIMENTO EN LA PRODUCCIÓN	74
Conceptos: estrato forrajero, herbáceo, arbustivo y arbóreo.	74
Principales especies presentes en el departamento de Caquetá	
• Herbáceo:	75
Gramíneas: brachiarias y especies nativas	
Leguminosas: maní forrajero (Arachis pitoi), Kudzu (Pueraria phaseoloides), Stylosanthes sp, frijolillo.	
• Arbustivo:	78
Nacedero (Trichanthera gigantea), botón de oro (Tithonia diversifolia), matarratón (Gliricidia sepium), morera (Morus alba), pízamo (Erythrina fusca) y cachimbo (Erythrina poeppigiana).	
• Arbóreo:	81
Especies nativas e introducidas.	
Arreglos agroforestales y bancos de proteína.	
3.4 IMPORTANCIA DE LA CONDICIÓN CORPORAL	83
Conceptos: condición corporal, grasa corporal, anabolismo y catabolismo.....	83
• Métodos para determinar la condición corporal en los bovinos.....	83
Observación	
Palpación	
• Tipo de escala de acuerdo con el sistema de producción bovino.....	83
Sistema de producción de cría - ceba	
Sistema de producción doble propósito	
• Parámetros para determinar la condición corporal en bovinos	84
• Efecto de la condición corporal - Balance Energético Negativo (BEN)	86
• Condición corporal recomendado en los diferentes estadios de la lactancia.....	87
3.5 ALTERNATIVAS Y SUPLEMENTOS NUTRICIONALES	90
Conceptos: conservación de forraje, henificación, heno, ensilaje, silaje, bloque multinutricional (BMN), concentrado, hidroponía, glicerol y snacks (pasabocas).	91
• Henificación	92
• Ensilaje	92
• Bloque multinutricionales (BMN)	95
• Grasas sobrepasantes: glicerol y palmiste	97
• Cultivo hidropónico	97
• Concentrados	99
• 3.6 Snack	99
3.6 ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN DE ACUERDO CON LA FASE DE PRODUCCIÓN.....	100
Conceptos: sistema digestivo, monogástrico, poligástrico, calostro, crecimiento, desarrollo, precocidad y ciclo productivo.....	100



• Etapa de Iniciación (terneros).....	101
• Etapa de levante (desteto).....	101
• Etapa de parto (vientre y horro).....	101
• Producción (leche y ceba).....	101
Dietas utilizadas en el departamento de Caquetá.....	102
3.7 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO FORRAJERO EN EL GANADO BOVINO Y PROYECCIÓN DE POTREROS	104
Conceptos: bromatológico, consumo forrajero, área de pastoreo, aforo de pastura, carga animal, unidad de gran ganado, capacidad de carga y ajuste de carga animal.....	104
• Cómo realizar un aforo en una pradera.....	105
• Cómo determinar la materia seca (MS) del forraje.....	105
• Cómo determinar el forraje disponible y calcular el número de animales que se puede introducir en un potrero.....	105
3.8 DIETAS ALIMENTICIAS UTILIZADAS EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ (estudio de casos)	108
• Manejo nutricional en la ganadería El Rubí, Florencia.....	108
• Manejo nutricional en la ganadería El Porvenir, Belén de los Andaquíes.....	110
• Manejo nutricional en la unidad productiva bovina en CIMAZ – Macagual, Florencia, en una producción de doble propósito con doble ordeño, con ternero.....	113
CAPÍTULO 4. REPRODUCCIÓN BOVINA	120
4.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE REPRODUCCIÓN BOVINA	120
4.1.1. ¿Qué es la reproducción animal?.....	120
4.1.2. ¿Por qué es importante la reproducción animal?.....	120
4.1.3. Principios de anatomía reproductiva.....	120
4.2. PUBERTAD EN LA HEMBRA Y EL MACHO	126
4.3. PRINCIPIOS DE ENDOCRINOLOGÍA	130
4.3.1. Ciclo estral de la hembra.....	132
4.3.2. Comportamiento sexual.....	133
4.4. MONTA NATURAL E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL	134
4.4.1. Cómo saber si una vaca está en celo/estro.....	135
4.4.2. ¿Cuál sería el momento ideal para servir la vaca?.....	135
4.4.3. Métodos para detectar el celo.....	136
Métodos visuales.....	136
Métodos no visuales.....	137
4.4.4. Selección de hembras y machos para reproducción.....	138
4.4.5. Ventajas y desventajas de la monta natural y la IA.....	138
4.4.6. Manejo del semen.....	139
4.4.7. Manejo del termo de nitrógeno.....	140
4.4.8. Equipo necesario para IA.....	141
4.4.9. Técnica de inseminación artificial.....	142
4.4.10. Recomendaciones.....	143
4.5. GESTACIÓN EN BOVINOS	144
4.5.1. Desarrollo embrionario/fetal.....	144
4.5.2. Cuidados con la vaca gestante.....	145
4.5.3. Algunas estrategias para disminuir las alteraciones parto.....	146
4.5.3.1. Movimiento de los animales (lotes).....	146
4.5.3.2. Espacio de comedero.....	147
4.5.3.3. Agua de bebida limpia y fresca.....	147

4.6. EVALUACIÓN REPRODUCTIVA	148
4.6.1. ¿Qué es una evaluación reproductiva y para qué sirve?.....	148
4.6.2. Parámetros reproductivos.....	149
4.6.2.1. Edad a la pubertad (EP).....	149
4.6.2.2. Edad al primer servicio (EPS).....	150
4.6.2.3. Edad al primer parto.....	151
4.6.2.4. Porcentaje de preñez (PP).....	152
4.6.2.5. Intervalo entre partos (IEP).....	153
4.6.2.6. Servicios por concepción.....	153
4.6.2.7. Días vacíos (DV).....	153
4.7. SELECCIÓN DE RECEPTORAS	155
4.7.1. Como seleccionar las receptoras.....	155
4.7.2. Factores que afectan la tasa de gestación de las receptoras de embrión.....	159
4.7.2.1. Presencia y tamaño del cuerpo lúteo (CL).....	159
4.7.2.2. Factores climáticos.....	159
4.7.2.3. Diferencias raciales.....	160
4.7.3. Sincronización de receptoras.....	160
4.8. PRODUCCIÓN DE EMBRIONES IN VITRO DE BOVINOS (IVEP)	160
4.8.1. Qué es la IVEP.....	161
4.8.2. Por qué es importante la IVEP.....	161
4.8.3. Ventajas.....	161
4.8.4. Desventajas.....	161
4.8.5. Técnica.....	162
4.9. REFERENCIAS	164
CAPÍTULO 5. BUENAS PRÁCTICAS GANADERAS	170
5.1. INTRODUCCIÓN	170
5.2. PANORAMA NACIONAL EN BPG	171
5.3. PROCESO DE CERTIFICACIÓN	174
5.4. REQUISITOS	176
5.4.1. Requisitos generales.....	176
5.4.1.1. Sanidad animal.....	176
5.4.1.2. Identificación.....	178
5.4.1.3. Bioseguridad.....	179
5.4.1.4. Requisitos de buenas prácticas para el uso de medicamentos veterinarios.....	182
5.4.1.5. Requisitos de buenas prácticas para alimentación animal.....	187
5.4.1.6. Requisitos de saneamiento.....	188
5.4.1.7. Requisitos de bienestar animal.....	191
5.4.1.8. Requisitos de personal.....	194
5.4.2. Requisitos exclusivos para producción de leche.....	195
5.4.2.1. Sanidad.....	195
5.4.2.2. Higiene y ordeño.....	196
5.4.2.3. Tanque de enfriamiento de leche.....	201
5.5. BENEFICIOS	202
5.6. COMENTARIOS FINALES	202
BIBLIOGRAFÍA	203



Introducción

Durante la crisis económica del 2020 causada por la pandemia del covid-19, la ganadería colombiana no detuvo sus actividades, de hecho, se observan cifras positivas en este sector. Según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el PIB del agro creció 2,8 % para el año 2020, un 3 % en la producción de carne y 2,9 % en la de leche.

La ganadería tiene gran importancia en el desarrollo de la economía colombiana y es de vital importancia para la manutención del productor rural, cuya meta es expandirse y ser más lucrativo. Sin embargo, debido a la falta, por un lado, de visión empresarial y apoyo gubernamental para la comercialización de los productos del sector, y o continuidad por el otro, de capacitaciones o falta de continuidad de estas, principalmente para los pequeños y medianos productores, los índices productivos ganaderos de Colombia no son los ideales, y no alcanzan a cumplir las exigencias de comercialización nacional e internacional.

Dentro de los departamentos destacados en producción pecuaria, encontramos al Caquetá ocupando el quinto lugar del ranquin nacional, con un inventario de 2.160.420 semovientes bovinos, distribuidos en 88 % para sistemas doble propósito, 9 % para cría y 3 % en sistemas de lechería especializada y ceba (ICA 2021; FEDEGAN, 2020). No obstante, y aunque el Caquetá es un departamento agropecuario cuya economía es dinamizada por el sector ganadero, este es manejado de manera extensiva, es decir, con baja productividad, que se le atribuye a un manejo nutricional equivocado, a desconocimiento del genotipo de los animales y a un deficiente mejoramiento genético. Aunado a esto, el Caquetá ocupa el puesto 22 a nivel nacional en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación, según el Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) del 2020. Es por esto por lo que el proyecto denominado Desarrollo experimental en genómica animal, para el mejoramiento de las características productivas del ganado bovino en el departamento del Caquetá plantea, como alternativa para mejorar los índices producción de leche y carne en condiciones tropicales, un programa de mejoramiento genético mediante la evaluación y selección de genes de interés de producción y conservación y, de esta manera, masificar esta genética mediante programas de producción in vitro de embriones (PIVE). Asimismo, y con el objetivo de fortalecer y aumentar el IDIC del Caquetá, el proyecto cuenta con un programa de transferencia de tecnología a los

beneficiarios, mediante el desarrollo de un curso apoyado por el presente libro, denominado Entrenamiento especializado en ganadería y mejoramiento animal. Con esta transferencia de tecnologías se proyecta fortalecer los conocimientos de los interesados en temas relacionados con genética y mejoramiento animal, reproducción, nutrición, sanidad y buenas prácticas ganaderas.

Estos temas, que constituyen las bases para el mejoramiento de los índices productivos, deben ser considerados imprescindibles para los productores y técnicos, pues tras su adecuada aplicación, la rentabilidad de la ganadería se vería afectada positivamente. De esta manera, el productor debe tener claro el tipo de sistema de producción (leche, carne o doble propósito) y los pilares de producción a partir del entorno, el componente nutricional, la genética animal (razas), el manejo sanitario y las buenas prácticas ganaderas (BPG).

En relación con las razas, es importante hacer uso de herramientas biotecnológicas y bioinformáticas, pues estas permiten conocer el manejo reproductivo de los bovinos y ayudan a disminuir los tiempos generacionales, optimizando la productividad de animales de alto valor genético y obtener mayor número de animales por año. Dentro de estas, la inseminación artificial y la transferencia de embriones ayudan al progreso genético de manera rápida y eficiente. Sin embargo, para que esto se cumpla, el factor sanitario y nutricional debe ser manejado de forma adecuada, partiendo de la disponibilidad de forrajes de calidad y suplementos mediante bancos de proteína y energía, sales mineralizadas y concentrados entre otros. Además, es importante tener en cuenta el medioambiente, para así propiciar un equilibrio y obtener aumento en los indicadores productivos, de manera que los animales logren expresar su potencial genético productivo. El medioambiente al que el animal es sometido debe ser el adecuado a sus características raciales, de modo que se permita a los productores no solo evitar pérdidas económicas, sino aumentar el valor agregado al producto final, ya que el comercio exige cada vez más productos obtenidos de animales mantenidos bajo buenas prácticas ganaderas.

De esta forma, todos los componentes aquí mencionados están correlacionados, y cada uno es esencial para contribuir al desarrollo ganadero de la región. Por lo anterior, el presente libro recopila información mundial, nacional y regional con el fin, de dar a conocer, de forma educativa, los conceptos, y de compartir experiencias para fortalecer el sistema de producción bovino en la región. Todos los recursos aquí expuestos están enfocados en ilustrar al lector, de manera clara y concisa, en los pilares de la producción bovina.



Capítulo

1

GENÉTICA Y
MEJORAMIENTO1.1 INTRODUCCIÓN AL
MEJORAMIENTO GENÉTICO BOVINO

1.1.1 El estudio de la genética

La **genética** es el estudio de la herencia, o sea, la transmisión de características específicas que pasan de generación en generación (Notter, 1999). Ejemplo: color de pelaje, alzada, conformación, además de características cuantitativas en animales de producción, tales como: producción de leche, peso final o calidad de carne, entre otras, que son altamente heredables y contribuyen al mejoramiento de razas.

Según la (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2019):

Mantener la diversidad genética de las poblaciones de ganado es de vital importancia para el mundo pues proveen a

las personas de una variedad de productos esenciales, entre los cuales encontramos la carne, leche y sus derivados en una amplia gama de ambientes. Esta diversidad de funciones sólo es posible gracias a la diversidad genética.

¿Por qué es importante la genética animal?

La genética es fundamental para comprender las diferencias entre subespecies, en el caso de los bovinos, y entre razas; cada raza tiene una diferencia genética, ya sea su objetivo de selección o sus características morfológicas que generan diversidad genética (Notter, 1999). Es importante la diversidad genética porque los animales de granja necesitan satisfacer las necesidades de producción actuales en diversos ambientes, pues el mejoramiento genético sostenido facilitará una rápida adaptación a los cambios en los objetivos de producción (Fernández et al., 2011). La eficiencia de producción de diferentes bovinos en sistemas pastoriles está estrechamente relacionada con el uso de varios tipos genéticos (razas); sin embargo, se ha desarrollado una mayor **uniformidad** genética en los bovinos criados de forma intensiva, en los cuales disminuyendo la **diversidad** genética.

La **genética animal** es uno de los pilares para el **desarrollo de la ganadería**, factores importantes como la reproducción, el uso de tecnologías reproductivas, la sanidad, la nutrición animal y unas buenas prácticas ganaderas son esenciales para llegar al mejoramiento animal.

¿Cómo se usa la genética?

Según la Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], (2017):

La caracterización consiste en la **valoración de las poblaciones de ganado** y sus entornos de producción para determinar su estado actual e identificar las fortalezas que se pueden mejorar y las debilidades que es necesario superar, por ejemplo, a través de un programa de mejora genética. Puede también servir como fuente de información para las estrategias de conservación.

La **conservación genética** en particular hace referencia a las medidas adoptadas para evitar la pérdida de **diversidad genética** en las poblaciones de ganado. La mayoría de las razas locales de ganado son el resultado de una particular adaptación a un entorno singular, a veces duro, y en muchos casos, ninguna otra raza podría sobrevivir en el hábitat si la raza local se extingue. Además, estas poblaciones locales pueden albergar variantes genéticas específicas que no solo vale la pena conservar, sino que además podrían utilizarse para recu-



perar la pérdida de diversidad genética que se produce en las razas convencionales cuando la selección es muy intensiva en las características de producción (Fernández et al., 2011).

1.1.2 Mejoramiento genético

El mejoramiento genético en producción animal es de gran importancia, pues se basa en la selección de aquellos animales que son genéticamente superiores para características de importancia económica (leche y carne). Para que un animal pueda expresar su potencial genético se deben considerar los diferentes ambientes a los que están expuestos en sus sistemas de producción (VanRaden et al., 2009).

Así las cosas, el mejoramiento puede ser alcanzado mediante la **selección de los animales genéticamente superiores** para que estos sean los **progenitores** de la **siguiente generación**, y así obtener progreso genético, o sea que las características que han sido seleccionadas de una generación a otra se reflejen en aumento del rasgo deseado (Pereira, 2004). Ejemplo: mayor producción de leche, precocidad o animales cada vez más pesados, que generan progreso genético para la hacienda y consecuentemente ingresos económicos para el productor.

Pereira (2004) muestra en la siguiente ecuación la relación entre factores:

$$\text{FENOTIPO} = \text{GENÉTICA} + \text{AMBIENTE}$$

Donde el:

FENOTIPO= Son las características externas (que observamos), tales como: producción de leche, peso adulto, etc.

GENOTIPO= Son los genes de sus padres, y son hereditarios.

AMBIENTE= Clima, manejo, nutrición.

¿Por qué se llevan a cabo programas de mejoramiento genético?

Estos son implementados para **aumentar la productividad** del sistema de producción (leche o carne), con el fin de incrementar el **progreso genético** de la **finca** y, por ende, de la región. Los programas de mejoramiento genético son elaborados por profesionales que, además de tener experiencia, tienen también herramientas científicas y conocimientos de los sistemas de producción para seleccionar los mejores animales, lo cual se reflejará en mayores producciones y dará **mayores lucros** a los **productores** (Toro, 2018).

¿Hay diferencias en los programas de mejoramiento genético para bovinos?

Si, cada país, incluso cada región tiene variaciones climáticas, diferentes suelos y sistemas de producción adaptados a las condiciones ambientales propias. Además del uso de diferentes razas bovinas (Taurinos o cebuínos), hay que ser realista en cuanto a las exigencias

del animal para determinados ambientes; esto implicaría adaptar los programas a las necesidades regionales.

1.1.3 Avances en la investigación genética

El mejoramiento genético bovino ha venido avanzando en los últimos años; sin embargo, el avance se refleja en algunas razas usadas mundialmente. Según la Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], (2017):

Desde mediados del siglo XX, los esfuerzos realizados en materia de **mejoramiento genético** se han concentrado en un número muy reducido de **razas a escala mundial**, sin que por lo general se haya tenido debidamente en cuenta la manera en que los **entornos de producción locales** afectan a la capacidad de los animales para sobrevivir, producir y reproducirse. (p. 01).

Actualmente, instituciones como FEDEGAN ya saben de la importancia de crear **programas de mejoramiento genético** para que los **medianos y pequeños productores** puedan mejorar sus **sistemas de producción** direccionándolos hacia tener animales de valor genético. Asimismo, las asociaciones de cada raza vienen difundiendo de a poco la importancia de registrar la información de la producción de los animales y el uso de tecnologías reproductivas que ayuden a un progreso más rápido. (Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán], 2019b).

Sin embargo, no se han establecido programas para todas las **razas bovinas**; este es un camino que se está iniciando para que **Colombia** en el futuro sea un país **competitivo** en producción de **leche y carne** a nivel de **Suramérica**, tal como ha ocurrido en países como Brasil, Argentina y Uruguay.



1.2 RAZAS Y CRUZAMIENTOS DE BOVINOS

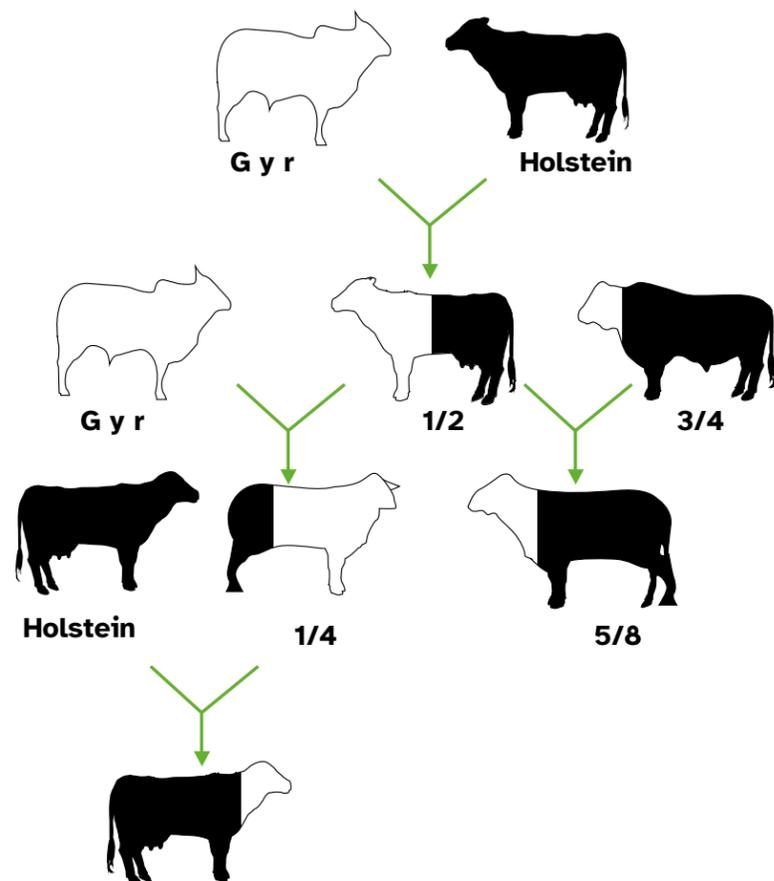
1.2.1 Acerca de las razas

Las razas bovinas provienen principalmente de dos subespecies Bos Taurus y Bos Indicus y son clasificadas en razas puras o sintéticas. Veamos a qué hace referencia cada clasificación.

Puras: razas probadas, **sin mezclas** entre razas o subespecies (Bos Indicus y Bos Taurus) en la formación de la raza (Pereira, 2004). Ejemplo: holstein, jersey, angus, simmental, hereford, gyr, brahman y guzerath.

Sintéticas: son el resultado de cruces entre **dos razas**, mediante los cuales se han establecido las **características deseables de ambas razas**, o sea, la proporción entre razas. Normalmente se usan entre subespecies (Bos indicus y Bos Taurus) ya que ello beneficiará el cruce (Pereira, 2004). Los cruces sintéticos más usados: girolando, brangus, simbra, branford.

Ejemplo: girolando,



Tanto las **razas puras** como las **sintéticas** son usadas principalmente por aquellos **productores** que venden **genética (núcleos)** y que tienen una línea especializada en **producción de leche o de carne**, por lo que tanto los animales puros como los de razas sintéticas establecidas le **garantizan la heredabilidad** de las **características deseadas** manteniendo el **perfil de la raza**, además de la producción que necesitan.

Cruzamiento o F1: Los **cruzamiento F1** es un término usado en genética para la **primera generación de descendientes, o sea, Filial 1**. Hace referencia al **apareamiento de dos razas diferentes**; de modo que es el resultado un animal medio sangre de cada raza,

ejemplo: gyr ½ y holstein ½. Estos cruces se usan para aumentar el **valor híbrido del animal**, y son usados principalmente en **explotaciones de doble propósito** (Pereira, 2004).

¿Qué es heterosis o vigor híbrido?

Este término hace referencia al cruzamiento entre dos razas para obtener un animal con características genéticas superiores mediante la combinación del potencial genético de sus progenitores (Pereira, 2004). En bovinos es usado en el cruzamiento entre subespecies (Bos indicus – Bos Taurus) para obtener animales de alta producción con resistencia ambiental.

¿Por qué se usan cruzamientos F1?

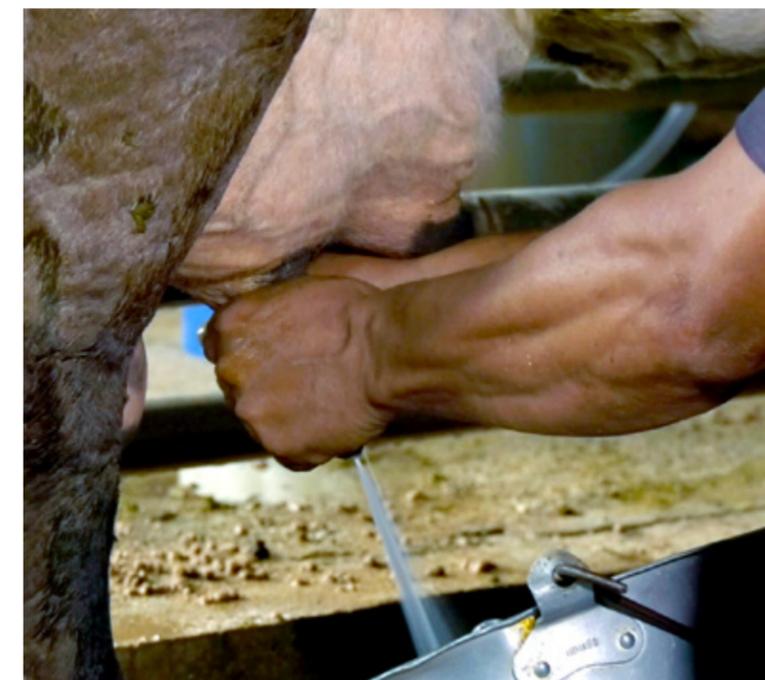
Son usados principalmente por **criadores** cuya **principal actividad económica** es el **doble propósito**, así como para hacer **recría**. Estos cruzamientos son una excelente opción para climas más tropicales.

1.3 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICA DE INTERÉS ECONÓMICO

1.3.1 Producción de leche en Colombia

La cadena láctea en **Colombia** es de gran importancia económica, pues produce al año 7.500 millones de litros de **leche**, lo que representa un 12% del **Producto Interno Bruto (PIB)** del sector agropecuario (Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán], 2020). En Colombia hay varios sistemas de producción leche: especializado, semiespecializado y doble propósito. Veamos las características principales de cada uno.

Especializado: se caracteriza por usar razas **especializadas** para la **producción de leche**, principalmente holstein, y en menor medida Jersey y Girolando. Estos sistemas cuentan con **tecnología altamente especializada**, el manejo del ganado es semiestabulado y la dieta se basa en forrajes de calidad y alimentos balanceados (Delgado Bernal & Franco Gómez, 2006). El ordeño es mecánico y la producción se destina principalmente a las plantas pasteurizadoras.



Semiespecializado: La lechería en trópico es de tipo pastoril y se desarrolla principalmente en el trópico bajo (>1200 msnm) y medio (1200 a 2000 msnm). Aun cuando predomina el ganado cebú y sus cruzamientos (*Bos indicus** *Bos Taurus*) y las razas usadas son gyr, girolando, guzerat y otros cruces, **no se llega a los niveles de producción del sistema anterior** (Delgado Bernal & Franco Gómez, 2006). El ganado se mantiene en condiciones de pastoreo rotacional que se desarrolla en pequeñas extensiones de terreno y con suplementación nutricional o sistemas silvopastoriles. El ordeño puede ser manual o mecanizado, aunque en ordeñadoras individuales o de pocas unidades; mantiene un nivel medio de tecnología y, en ocasiones, cuenta con algunos sistemas de enfriamiento, aunque no es lo común. Según FEDEGAN - Federación Colombiana de Ganaderos, (2020), este sistema produce el **60%** de la **leche del país**.

Doble propósito: Dentro de este sistema predominan las razas cebuinas y sus cruces; en este sistema el ganado sirve para la **producción** tanto **de carne** como de **leche**. El manejo del ganado se da en forma extensiva, su alimentación se basa en el pastoreo y con un mínimo de complementos en alimentos balanceados, el **ordeño es manual** (Delgado Bernal & Franco Gómez, 2006).

Principales características de interés económico en la producción de leche

ABCGIL, la Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro, (2020), describe las principales características:

- ✓ Producción de leche a los 305 días: es la medición el contaje de la producción diaria de leche hasta el final de la lactación; esta característica se ajusta a los 305 de lactación, ya que puede haber variaciones, 290-320 días.
- ✓ Porcentaje de proteína y grasa en la leche: esta medida se cuantifica en los controles lecheros mensuales, para determinar los porcentajes de grasa y proteína.
- ✓ Sólidos totales: son todos los componentes que la leche tiene, además de conteo de células somáticas.
- ✓ Edad al primer parto: es el control de registros de todas las hembras en la edad que paren, abuelas, madres e hijas, un registro importante para determinar precocidad y fertilidad.

1.3.2 Producción de carne en Colombia

La producción de carne en **Colombia** es de gran importancia para la economía del país. En 2020 fueron sacrificados 3.410.107 bovinos que tuvieron un peso de 1461,7 millones de kilogramos. Ello aporta el 17,8% del Producto Interno Bruto (Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán], 2020). En Colombia hay varios sistemas de producción de carne: pastoreo extensivo mejorado, semiintensivo y confinamiento.

Pastoreo extensivo mejorado: el productor implementa técnicas dirigidas a aumentar la productividad de sus tierras y de sus animales. Aunque la base de la producción sigue siendo el pastoreo o los sistemas de silvopastoriles, se cuenta con pastos de alto valor nutricional y árboles que benefician el pastoreo; ello permite que los animales sean manejados en forma más intensiva (Díez Calderón, 2016). Este sistema implementa control de malezas y fertilizantes, además del uso de suplementos para los animales.

Pastoreo semi intensivo: practica un manejo intensivo de pastos de alto rendimiento, con cercas eléctricas, riego y fertilización; también hace suplementación con sales, ensilaje, melaza; además, permite una alta vinculación con la agroindustria pecuaria (Díez Calderón, 2016).

Confinamiento o estabulado: se caracteriza por la eliminación total del pastoreo; este tipo de explotaciones en la ganadería colombiana es limitado, dada la escasa disponibilidad de capital de inversión en la mayoría de las regiones ganaderas (Morón Morón, 2009).

Principales características de interés económico en la producción de carne

El Programa de Melhoramento genético QUALITAS Nelore, (2020) describe las principales características:

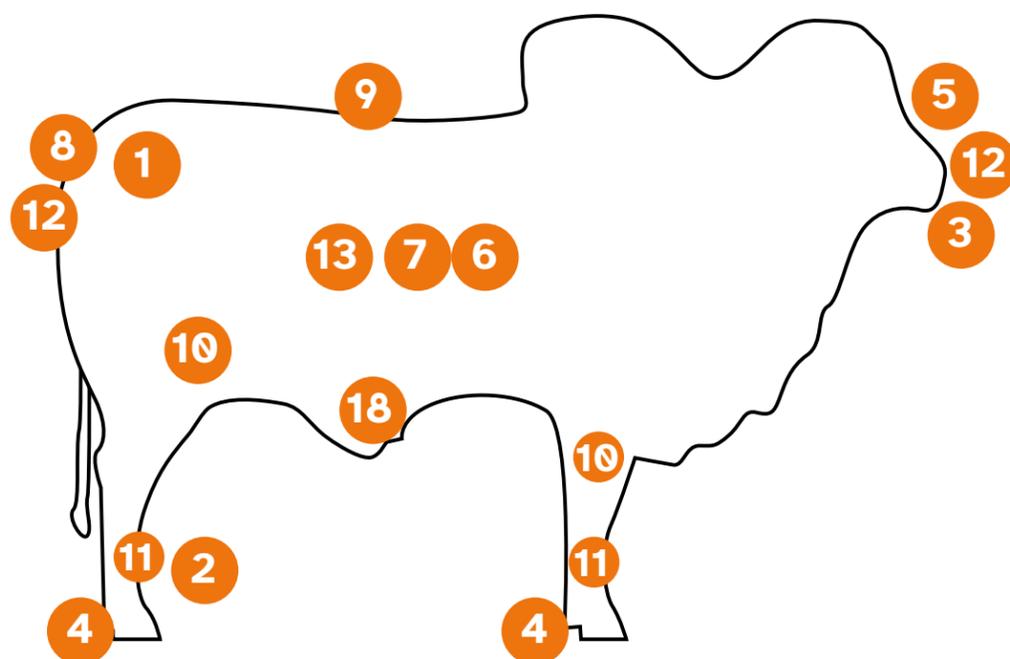
- ✓ **Peso al destete:** el peso al destete es el primer peso es de importancia económica en el sistema de producción, y es tomado alrededor de los 210 días de edad. Con el peso al destete calculamos la **Diferencia esperada de la progenie** (DEPs) directa, materna y maternal total. Es por medio de la DEPs para peso al destete que podemos seleccionar los animales con mayor potencial de crecimiento hasta esta edad. Es especialmente importante para los ganaderos que se dedican a la cría de animales, pues afecta directamente el principal producto de la hacienda.
- ✓ **Peso sobre año:** este peso es tomado alrededor de los 15 meses de edad, mostrando el potencial total de ganancia de peso de un animal hasta esta edad. Representa el diferencial en kilogramos de la progenie de un reproductor de peso sobre año.
- ✓ **Perímetro escrotal sobre año:** el perímetro escrotal es colectado alrededor de los 15 meses de edad, se buscan los animales que presentan un desarrollo sexual más precoz. La medida de perímetro escrotal sobre año ha demostrado correlaciones favorables con características como edad al primer parto de las novillas, cantidad y calidad de semen y velocidad de crecimiento.
- ✓ **Calidad de carne (área del ojo del lomo, porcentaje de grasa subcutánea, terneza, marmoreo):** es una característica de difícil medición, pues es necesario un ecógrafo para ver el área del ojo del lomo y el porcentaje de grasa subcutánea, aunque es un índice importante si se tiene una producción especializada. Las características terneza y marmoreo son post mortem, por tal motivo, utilizamos los marcadores moleculares para detectarlas antes de que el animal sea sacrificado.

1. 4. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAMIENTO GENÉTICO: EVALUACIÓN GENÉTICA Y SELECCIÓN DE ANIMALES

1.4.1 PRODUCCIÓN DE CARNE

Representación esquematizada de la localización de las evaluaciones funcionales en bovinos de carne, según el Programa de Melhoramento genético QUALITAS Nelore, (2020).

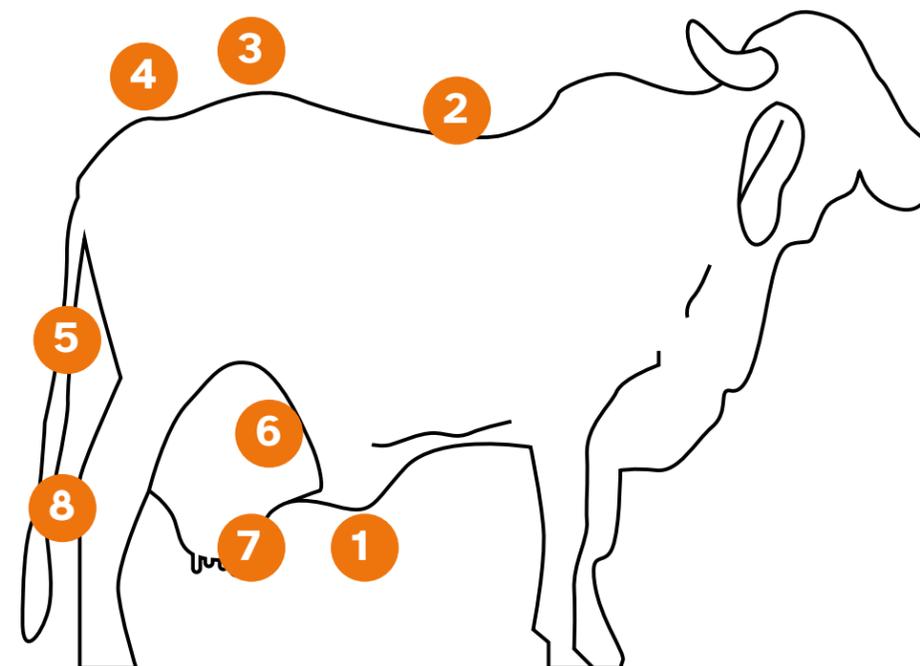
1	Ángulo de Grupa	10	Musculatura
2	Aplomos	11	Huesos
3	Boca	12	Pigmentación
4	Cascos	13	Profundidad
5	Cara	14	Reproducción
6	Espesor de Cuero	15	Temperamento
7	Frame	16	Testículos (machos)
8	Inserción de Cola	17	Ubre (Hembras)
9	Línea del lomo	18	Ombbligo



1.4.2 PRODUCCIÓN DE LECHE

Representación esquematizada de la localización de las evaluaciones funcionales para bovinos lecheros según ABCGIL - Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro, (2020).

- 1 Longitud del ombligo
- 2 Perímetro torácico
- 3 Ángulo de la grupa
- 4 Longitud de ilios
- 5 Posición de piernas
- 6 Profundidades
- 7 Pezones
- 8 Corvejones



1.4.3 Características productivas: Todas aquellas que tiene un interés económico directo para el producto.

Producciones: todas las que involucran valor cuantitativo, como producción de leche, grasa y proteína o peso al destete y peso final.

Reproductivas: todas aquellas que involucran fisiología reproductiva durante la vida del animal, importante para lograr metas productivas.

Todas en conjunto son importantes para el sistema de producción, y deben ser tomadas en cuenta al momento de seleccionar un animal.

Pedigrí: una base importante es el pedigrí del animal; o sea, la relación de padre, madre y parientes es de suma importancia, pues nos identifica el linaje al que este pertenece. Además, permite conocer la producción de sus padres y parientes, y da una mayor confianza de que las características deseables están siendo transmitidas de una generación a otra (Toro, 2018).

1.4.4 Qué es una evaluación genética

La evaluación genética es una forma de validar que la genética se está moviendo en la dirección correcta. Este proceso se realiza analizando el pedigrí, la información de datos productivos (producciones de leche y pesos) y la información genómica de un animal. Cuando se comienza a implementar la evaluación genética, al comparar las características, esta es una forma de asegurar que la próxima generación será mejor que la última. Ahora bien, sabiendo que no todas las vacas son criadas de la misma manera, esto también nos permite ayudarles a clasificar sus animales de mejor a peor (VanRaden et al., 2009). Esto puede ayudarle a segmentar el rebaño e identificar qué hembras serán utilizadas para hacer su próxima generación. La evaluación genética es un paso crucial para mantenerlo en el camino de sus objetivos genéticos.

¿Cómo se hace?

Profesionales especialistas en mejoramiento genético, organizan las bases de datos con informaciones de registros productivos, pedigrí y genotipos. Después la información es analizada con modelos estadísticos y herramientas bioinformáticas. Los resultados de la evaluación genética para cada característica, son representados por valores genéticos aditivos de cada animal, esto con el objetivo de clasificar los mejores dentro del grupo evaluado y previamente hacer la selección correcta de los padres de la próxima generación.

FACTORES IMPORTANTES PARA UNA EVALUACIÓN GENÉTICA

Definición de características: se debe definir qué características vamos a evaluar, o en cuáles tenemos intereses y necesitamos que sean incluidas dentro de la evaluación.

Índice de selección: este índice es una ponderación para **clasificación de los toros**. Todas las características involucradas en este índice están directamente relacionadas con la **rentabilidad** de **cualquier** hacienda de **producción**. Es un conjunto de características para seleccionar a un toro (QUALITAS, 2020).

Ejemplo: Índice de selección (producción de carne) 100% = 24% peso al destete + 38% ganancia de peso al año + 19% perímetro escrotal + 19% musculatura al año. Hace referencia a los porcentajes que cada característica aporta al índice de selección; se aplica para clasificar los toros de la próxima generación.

Heredabilidad: capacidad de transmitir características (genes) de padres a sus hijos (Pereira, 2004).

Pereira, (2004) Relata que las características presentan diferentes heredabilidades, que pueden ir de 0 a 1, siendo:

Baja: de 0 - 0.25 las características reproductivas (intervalo entre partos, edad al primer parto, fertilidad, etc.). Se presentan por ser muy sensibles al medio ambiente, o sea el animal no expresa en totalidad su genética.

Moderada: de 0.25 - 0.45 las características de producción (producción de leche, de carne, peso, calidad de carne). Se presentan por ser sensibles al medio ambiente, o sea el animal expresa su genética con algunas limitaciones debido a su ambiente.

Alta: > 0.45 las características morfológicas (como alzada, color de pelo). Son poco afectadas por el medio ambiente.

1.5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN GENÉTICA

Las evaluaciones genéticas son representadas por dos valores: Las Diferencia esperada de la progenie (DEPs) o transmisión esperada de la progenie (PTAs); ambas son una medida importante, pues representa la mitad del valor genético que es transmisible a la progenie (VanRaden et al., 2009).

Interpretando las DEPs

Una DEPs es, por definición, una diferencia, y debe ser interpretada como tal. La manera más correcta de interpretar una DEPs es **escoger dos** o más **animales** y ver la diferencia de la **DEPs** entre ellos.

Por ejemplo: El toro T1 tiene DEP directa para peso al destete de +7,0 kg, y el toro T2 tiene DEP para la misma característica de +1,0 kg. Podemos concluir que la progenie del toro T1 deberá ser 6,0 kg en media más pesada que la progenie del toro T2. La DEPs es realizada para **animales seleccionados** para **carne**, pues el **progenitor** tiene sus propios **valores fenotípicos** que serán **transmitidos**.

PTA

Es la capacidad de **transmisión esperada** de la **progenie**, y se trata de una medida del desempeño esperado de las **hijas** del **toro** o la **hembra** en relación con el **promedio genético de los rebaños**. Así, por ejemplo, una PTA de 500 kg para la producción de leche significa



que si el toro se utiliza en una población con un nivel genético igual a la base genética de su evaluación, cada hija producirá una media de 500 kg más por lactancia que la media del rebaño (Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro, 2020). La PTA es realizada para **animales seleccionados** para **leche**, pues el toro no tiene sus propios registros y depende del **desempeño de sus hijas o hermanas** para probar su **valor genético** en las **características de leche**.

STA

Es el PTA estandarizado de las características de conformación y manejo. STA permite comparar las características, incluso si se han medido en diferentes unidades. De esta forma, el criador puede evaluar en conjunto qué aspectos puede mejorar el toro si se aparea con vacas medianas de su rebaño.

Confiabilidad: es una medida de asociación entre el **valor genético predicho** de un animal y su **valor genético real**. Cuanto mayor sea la **fiabilidad**, mayor será la **seguridad del valor genético predicho** del animal. El valor de la confiabilidad depende de la **cantidad de información utilizada** para **evaluar** al animal, incluidos los datos del propio individuo, sus hijas y otros familiares, y la distribución de esa información en diferentes entornos o rebaños. Además, el valor de heredabilidad de la característica contribuye a una mayor fiabilidad (Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro, 2020).

¿Cómo interpretar los resultados de DEPs o PTAs?

Cada toro tiene un valor de DEPs o PTAs para cada una de sus características evaluadas. Cada toro es presentado con el número de registro, nombre de su padre y madre.

EJEMPLO: DEPS y PTAs

Nombre del Toro: 001
Padre : ID_número y madre: ID número
DEPs_Pesodestete= 20KG CONF: 0.91%
DEPs_EdadPrimerParto: 0.7% CONF: 0.80%

Nombre del Toro: 002
Padre: ID_número y madre : ID
PTA_producciónLeche= 200KG CONF: 0.81%
PTA_PorcentajeProteína: 0.7% CONF: 0.80%

STA: también son transmisibles con diferentes características conformación y manejo cuantitativas y cualitativas.

Son características importantes que complementan la selección de un buen reproductor o hembra para el rebaño.

Lo que quiere decir: el toro 001 tiene un potencial de transmisión a sus hijos de 20 kg o más que la media del rebaño.

O sea, si el promedio del rebaño es 150 kg de peso al destete, los hijos del toro producirían 170 kg en su peso al destete.

EJEMPLO: Perímetro torácico (PT)

Nombre del Toro: 002

STA_PT= 0.793 diámetro

STA_LarguraOmblico: -1.5856

Lo que quiere decir: el toro 002 tiene un potencial de transmisión a su hija de 200 kg o más que la media del rebaño.

O sea, si el promedio del rebaño es 2000 kg por lactancia, una hija del toro produciría 2200 kg en su lactancia.

1.6. IMPORTANCIA DE LOS MARCADORES MOLECULARES: TEST DE PATERNIDAD

1.6.1 Marcadores moleculares

Los marcadores de **ADN** son utilizados para ayudar en **investigaciones científicas que contribuyen con el estudio genético de especies**, por ejemplo: análisis filogenético y búsqueda de genes útiles, como los de enfermedades. También tienen importancia los marcadores ya que es un test **aplicado** en estudios de selección asistida por marcadores y pruebas de paternidad (Regitano & Veneroni, 2010).

Microsatélites: los microsátélites son pequeños pedazos de ADN (de uno a seis nucleótidos) repetidos en bloques, muy simples en el genoma, que consisten en apenas dos o tres combinaciones de letras, como CACACA o GATGATGAT. Son los marcadores más populares en los estudios de caracterización genética del ganado, y permiten la estimación de la diversidad genética dentro y entre razas (Tanksley, 1993).

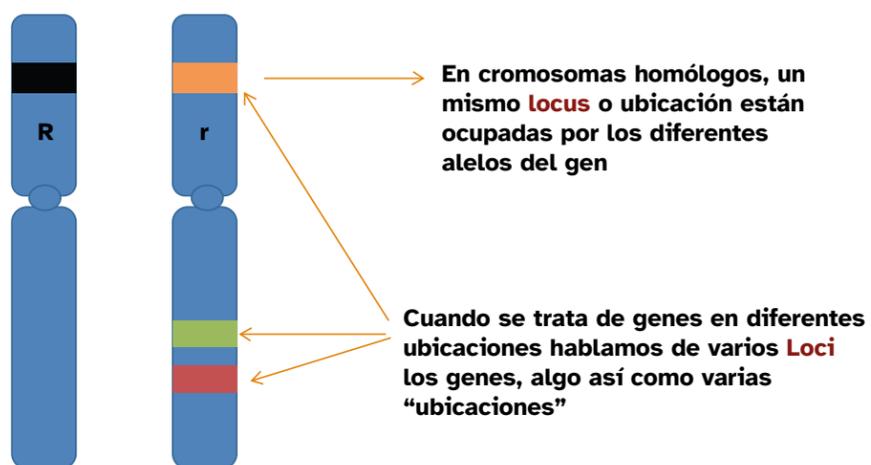
Polimorfismos de un único nucleótido (SNP): Los polimorfismos de un **único nucleótido**, a menudo llamados SNPs, son el tipo más común de **variación genética** en el genoma entre los animales de una misma especie. Se basan en alteraciones del ADN, o sea, en una pequeña mutación en un solo nucleótido (adenina (A), timina (T), citosina (C) o guanina (G)). Por ejemplo, un SNP puede reemplazar el nucleótido citosina (C) con el nucleótido timina (T) en un tramo dado de ADN (De la Vega et al., 2005).

Los **métodos tradicionales** y la **genotipificación** con marcadores **SNPs son herramientas** poderosas para los programas de **mejoramiento genético** de animales de producción. La **selección genética mediante SNP** es una nueva herramienta para elegir, con mayor confiabilidad y anticipadamente, animales con alto valor genético; es usado principalmente para selección de toros reproductores. Además, los chips de alta densidad que utilizan SNPs son altamente usados para **estudiar variaciones genéticas** de **características cuantitativas** (Toro, 2020). La combinación de la genética tradicional con los chips de SNPs dio paso a la

nueva era de la genómica aplicada al mejoramiento genético de bovinos para que la selección de animales sea más dirigida a los objetivos de selección.

¿Cómo funcionan las pruebas de paternidad?

Con la **prueba de ADN**, la determinación de la paternidad comenzó a alcanzar niveles de certeza absoluta. El **ADN** de cada **animal** es **único** y **diferente** al de los demás, a excepción de los gemelos univitelinos. Todo mamífero tiene **dos formas** de **cada gen**. Uno **es recibido** de su **madre**, y el otro, de su **padre**. Aunque la mayoría de los genes son esencialmente los mismos entre animales de la misma especie, algunas secuencias de ADN específicas son extremadamente variables entre individuos o poblaciones (Butler, 2005).



El **lugar** donde se encuentra una de estas **secuencias hipervariables** en el cromosoma se llama **locus**. Por tanto, cada uno de estos loci (plural de locus) puede tener varias formas **diferentes**, denominadas **alelos**. Estas secuencias de ADN contienen varias copias consecutivas de una unidad de secuencia, uno tras otro, como vagones de tren. En una **población** podemos encontrar **diferentes alelos** de esta misma

secuencia entre individuos; la diferencia entre ellos está solo en el número de veces que se repite la unidad. Por tanto, se dice que estas secuencias son muy **polimórficas** (Lagos et al., 2011).

Para facilitar la comprensión, tome la secuencia ATCG como ejemplo de una unidad de secuencia de microsatélites como ejemplo:

Si un alelo tiene esta unidad repitiéndose consecutivamente tres veces, tenemos la siguiente secuencia:

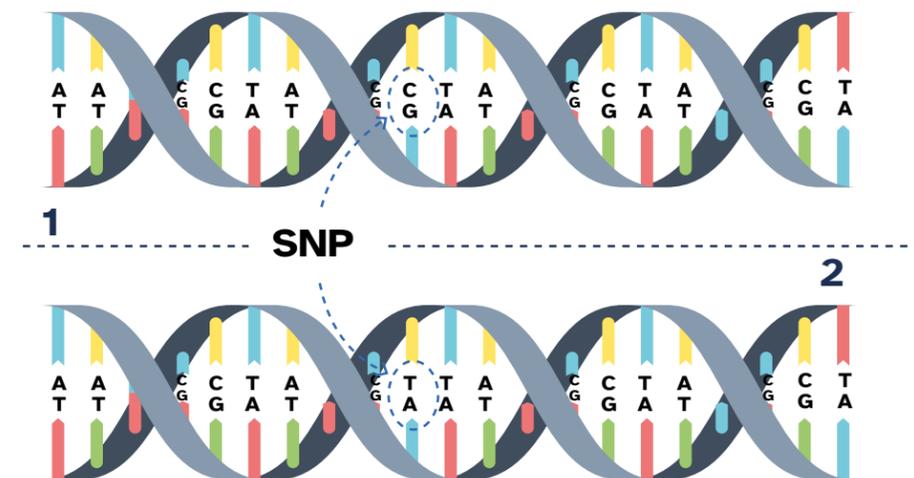
ATCGATCGATCG El alelo 1 genera un fragmento de 12 pares de bases.

Ahora tomemos como ejemplo otro alelo donde esta misma unidad se repite cuatro veces. Así, el fragmento generado será:

ATCGATCGATCGATCG Alelo 2 con 16 pares de bases.

Estos dos alelos se pueden diferenciar según sus respectivos tamaños.

Son precisamente estas diferencias en el número de repeticiones de estas secuencias las que dan como resultado la detección de diferentes alelos.



Es decir, **fragmentos de diferentes tamaños** en el **genoma bovino** de **diferentes individuos**. En los genomas eucariotas, estas secuencias se distribuyen aleatoriamente y constituyen la clase más polimórfica de marcadores moleculares disponibles. Estas repeticiones pueden ubicarse dentro de genes o pueden ubicarse en regiones que no contienen genes; estas regiones aún tienen una función desconocida (Butler, 2005).

Pero ¿qué tiene que ver todo esto con la prueba de paternidad?

Según Lagos et al., (2011) estas **secuencias repetitivas** se utilizan en las **pruebas de paternidad de ADN** porque son **altamente polimórficas**. Ello **disminuye** en gran medida la posibilidad de que dos individuos no relacionados tengan el **mismo genotipo**, es decir, los mismos alelos. En estos casos, se utilizan **varias regiones diferentes del genoma**, o sea, **fragmentos de ADN repetitivo diseminados** por todo el **genoma**. Para llegar a un número que refleje la posibilidad de que un individuo sea de hecho el padre en cuestión, todos los resultados se multiplican y evalúan.

La compartición de alelos entre el **hijo** y el **presunto padre** permite establecer la paternidad con mayor probabilidad, menor o igual al **99,9999%**. Por otro lado, cuando los **alelos no son compartidos** entre el **hijo** y el **presunto padre**, se excluye categóricamente **100%** de la posibilidad de ser el padre biológico del individuo. Los **alelos** presentes en el individuo que no están presentes en la madre deben estar presentes en el padre biológico (Lagos et al., 2011).

Es de gran importancia **conocer** los verdaderos **padres de los toros**, pues fallas en el **pedigrí**, pueden causar **problemas futuros** y poner en entredicho su **valor genético**. Actualmente, los animales registrados como **puros** necesitan un **test de paternidad** que certifique su pureza.

1.7. SELECCIÓN ASISTIDA POR MARCADORES MOLECULARES

La **selección asistida por marcadores** (MAS) tiene como objetivo aumentar la **precisión de la selección**. Sin embargo, cuando se usa MAS, solo algunos de los genes contribuyen a la variación del carácter seleccionado. Por lo tanto, el empleo de la información del genotipo para el marcador, sin considerar las evaluaciones de diferencia esperada en la progenie, que proporciona una vista del componente cuantitativo no explicado por el marcador, puede conducir a la rápida fijación del Locus del rasgo cuantitativo (QTL) seleccionado y la mayor **pérdida de variabilidad** durante el proceso de **selección** (Tanksley, 1993).

Los **MAS** debe **realizarse simultáneamente** con la selección tradicional, el **énfasis en un solo marcador** puede causar **pérdida de variabilidad** en otro lugar geométrico, restringir la selección a largo plazo y dar como resultado un efecto de **autostop** o **fijación de alelos desfavorables** por deriva en la porción del genoma no asociada con resaltador (Regitano & Veneroni, 2009). Los beneficios del MAS son mayores en **características** que tienen baja **heredabilidad**, aquellas que son difíciles de medir o en las que ese proceso es costoso, así como en aquellos que no se pueden medir antes de que el animal contribuya a ascender a la próxima generación (Van Eenennaam, 2005).

Otras **características** que pueden ser beneficioso **seleccionar** con **MAS** son producción de leche, capacidad materna, resistencia a enfermedades, rendimiento de la canal, rendimiento del crecimiento, fertilidad y eficiencia; en cambio, las características reproductivas y de sexo son limitadas.

Los mayores avances en el área MAS deben experimentarse con las nuevas tecnologías de análisis de marcadores, como es el caso de los chips SNP, que permiten la investigación simultánea de una gran cantidad de marcadores, para alcanzar un costo compatible con la aplicación. En este caso, la **selección** se hará con base en el **genoma del animal**, y ya no es información puntual de pocos genes (Van Eenennaam, 2005). La realidad ya puede verse en los resúmenes de toros holsteín, en la que los machos jóvenes ya tienen un valor genético estimado basado en exclusivamente en información genómica.

Combinada con técnicas de análisis genómico y genómico funcional en comparación, la información sobre QTL debería conducir rápidamente al descubrimiento de genes y mutaciones causales, que son las que determinan la variación fenotípica. La comprensión de los mecanismos biológicos y el control genético de los rasgos de interés será un campo abierto para manipular la expresión génica, ya sea mediante transgénesis o mediante técnicas de expresión transitoria, como el ARN de interferencia. (Regitano & Veneroni, 2009).

Ejemplos de uso de MAS

El test GeneSTAR

(Genetic Solutions) es un polimorfismo de la región que precede a la secuencia del gen de la tiroglobulina, proteína que juega un papel fundamental en la regulación de la síntesis de ácidos grasos y se localiza en el cromosoma 14 bovino. El alelo 3 de este marcador, caracterizado por la secuencia GATT, se ha asociado con marmoleado en corrales de engorde comerciales australianos. Esta asociación fue confirmada en los Estados Unidos en cruces Simmental x Angus por el Consorcio Nacional de Evaluación de Ganado de Carne (NBCEC) (De la Vega et al., 2005).

Igenity™-L

Otro marcador comercial para el marmoleado es Igenity-L (Merial), que también afecta el apetito de los animales. Esta prueba evalúa una variación en la región codificante del gen de la leptina. Este gen se convirtió en candidato para asociarse con las características de deposición de grasa porque estaba relacionado con la obesidad en ratones (Van Eenennaam, 2005).

Terneza

Además de estos, también están disponibles pruebas indicativas de terneza, la prueba TenderGENE™ (Frontier Beef Systems) analiza dos variaciones en la región codificante del gen de la calpaína, una enzima responsable de la degradación de las fibras musculares y la prueba GeneSTAR Tenderness (Genetic Solutions) que se basa en un polimorfismo de calpastatina, una proteína responsable de modular la degradación post mortem de las fibras musculares por la calpaína (Van Eenennaam, 2005).

El avance continuo de la investigación en el área de los marcadores moleculares debería proporcionar un número cada vez mayor de marcadores moleculares que se pueden utilizar en programas de mejoramiento genético de animales (De la Vega et al., 2005). Actualmente la selección asistida por marcadores es realizada cuando no se tiene acceso a chip de genotipado por SNPs, que es la tecnología actual de selección genómica usada en el mundo entero.

1.8. ¿QUE ES LA SELECCIÓN GENÓMICA Y POR QUÉ SE USA?



La **genómica** se refiere al **estudio del genoma completo**, de todos los genes que se encuentran en un animal, en contraste con la genética, que estudia los genes de forma individual. Un investigador del genoma estudia el **ADN completamente**, toda la secuencia en un organismo, y saca sus **conclusiones** con base en análisis **bioinformáticos y estadísticos** (Aguilar et al., 2010).

¿Qué es selección genómica?

Es una herramienta basada en **marcadores SNPs** asociados a **características fenotípicas** de **importancia económica**. Estos chip de SNPs en todo el genoma están disponibles

comercialmente para varias especies, y para bovinos tienen referencia *Bos Taurus* (europeos) y *Bos indicus* (razas cebú), permitiendo a los ganaderos del mundo determinar de manera específica y económica el valor genético estimado genómicamente (Toro, 2020). El cambio que ha resultado del **mejoramiento genético** tradicional para el mejoramiento basado en genómica está revolucionando la industria del ganado.

Importancia y ventajas de un programa de selección genómica

La **raza cebuinas** y sus **crucos** son de gran importancia en Colombia y responsables por la mayor parte de **producción lechera** y de **carne** en las **regiones tropicales** del país, por esto es indispensable avanzar en las **herramientas de mejoramiento genético** que nos permitan realizar una **selección más acertada**. En los últimos años investigadores brasileños se han dedicado al mejoramiento genético de razas cebuinas y actualmente la selección genómica es una realidad en las razas nelore, gyr y en razas sintéticas, como el girolando (Toro, 2018).

De acuerdo con esto, la **genómica** consiste en incorporar las **informaciones generadas** a partir del **DNA** e informaciones de **registros y pedigrí** para que los valores de predicción de la descendencia sean más confiables.

Ventajas de la selección genómica

- ✓ Identifica genes de características de difícil medida o que se presentan tarde en la vida del animal.
- ✓ Identifica características de baja heredabilidad.
- ✓ Permite seleccionar con anterioridad los animales que tienen los mejores genotipos, sin tener que esperar hasta que sus descendientes tengan producciones con el fin de evaluar sus desempeños.
- ✓ Ayuda a reducir los tiempos generacionales de los sistemas de producción tradicionales.

Con estas ventajas, se duplica la velocidad del mejoramiento genético de los rebaños lecheros con menores costos (Aguilar et al., 2010).

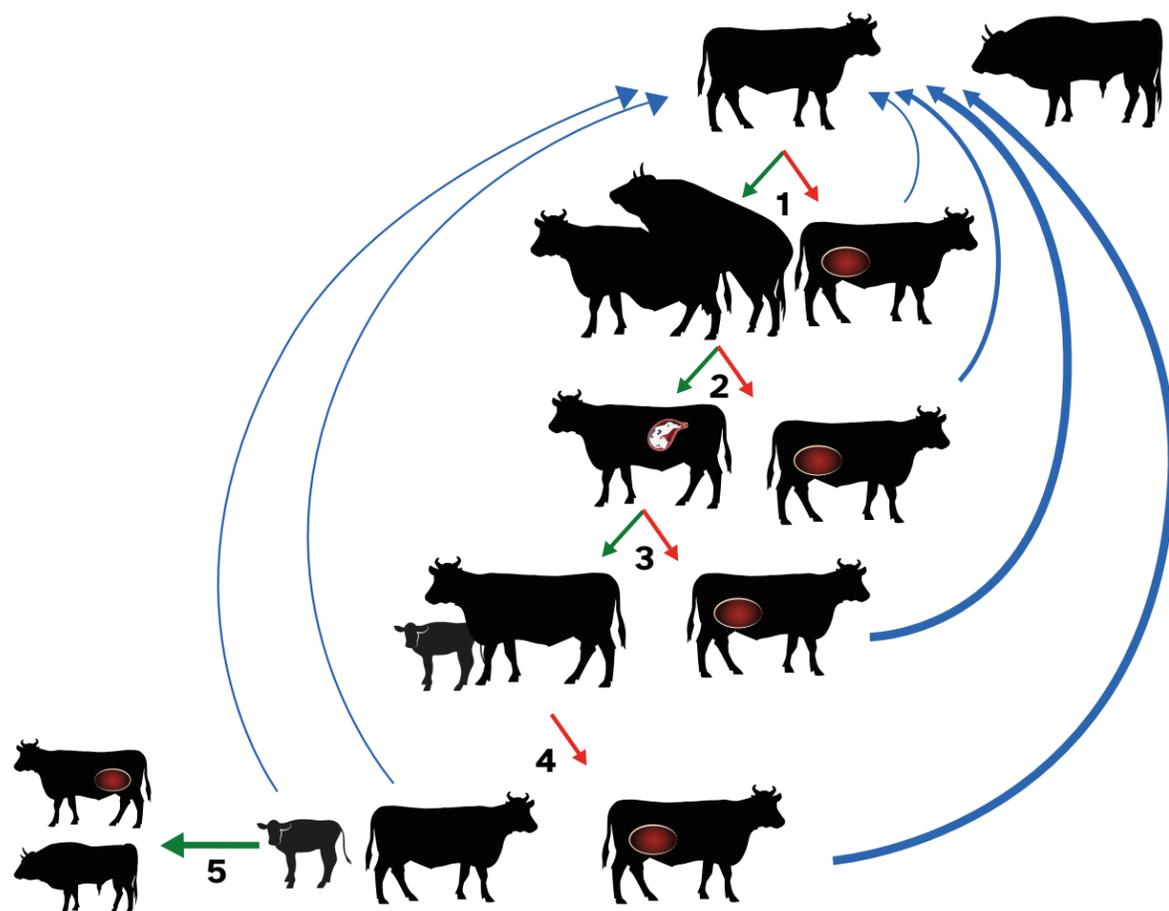
¿Cómo se reducirían los costos?

En un **test de progenie** tradicional, para tener la suficiente confianza de si un toro tiene la **capacidad de transmitir características genéticas** de producción de **leche y sólidos** o **ganancias de peso**, el criador necesita conocer a sus hijas y/o hijos y verificar si estos cuentan con ese **fenotipo**.



Entonces, el **toro** necesita ser **adulto** y tener muchas **hijas** para probar su **valor genético**, lo que lleva de **seis a siete años**, demasiado **tiempo**, que en mejoramiento genético significa **dinero**. En caso de que los resultados de sus hijas no sean favorables, el criador habrá perdido tiempo e inversión, una apuesta que se paga caro (Toro, 2018).

La **selección genómica**, en cambio, llega para darnos mayor **confiabilidad**, pues para que la apuesta sea más segura se debe conocer el **valor genómico del animal**, y así **seleccionar reproductores y reemplazos** de vacas por su **genotipo**. Entonces, el mismo trabajo que llevaría **siete años** puede ser realizado en apenas **dos años** y con mayor confiabilidad.



¿Cómo se hace?

Desde el secuenciamiento del genoma del bovino, en Estados Unidos diferentes empresas de genética desarrollaron chips de **genotipaje en bovinos** Taurus e Indicus, que están disponibles comercialmente y a precios asequibles. En tal caso, el procedimiento para la selección genómica comenzaría de la siguiente forma: el **criador toma una muestra de tejido biológico** del **animal** (sangre o pelo), y lo envía a un **laboratorio** de genética donde

se **extrae** el **ADN** y se realiza el **genotipaje** para los marcadores de **SNP**. Con los genotipos, un **equipo de profesionales en genómica** aplicada al mejoramiento **genético analizan** los **genotipos** por medio de la **bioinformática**, y hacen la **evaluación genómica**. Después, el productor recibe un **informe del perfil genético** del animal y con base en el perfil **toma** las **decisiones** sobre estrategias de **cruzamientos** y así decidir qué animal seleccionar (Toro, 2018).

La aplicación de la selección tradicional, junto con la selección genómica, brinda herramientas de **competitividad** para estar en igualdad de condiciones de mercado con otros países que ya están utilizando esta tecnología. Un ejemplo de la aplicación de la genómica en la raza holstein es el bovino de producción, cuyas **investigaciones en genómica** están más **avanzadas** y con grandes resultados en la aplicación comercial.

Como afirma Toro, (2018):

La aplicación del conocimiento genómico ayudará a **disminuir los costos** y el tiempo necesario para evaluar las características genéticas que se quieren seleccionar o que son objeto de selección de un programa de mejoramiento genético, teniendo en cuenta que la selección es la única posibilidad de garantizar progreso acumulativo de generación tras generación con **impacto en la región**.

1.9. REALIDAD ACTUAL EN LA SELECCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ANIMALES CON VALOR GENÉTICO (NACIONAL E INTERNACIONAL)

La selección y comercialización de animales de **potencial genético** ha **cambiado** a lo largo de los **años**. En la década de los **80 y 90**, los **bovinos** eran llevados en **ferias de exposición ganaderas** con el fin de identificar los **mejores exponentes** del año (toro y hembras). Sin embargo, esta selección era **basada visualmente**, o sea, los animales no pasaban por un **estudio** que mostrara su **potencial genético** (explicado en los capítulos anteriores) y eran juzgados solo por su apariencia. Después del año **2000**, diferentes países realizan estos eventos con nuevos parámetros de evaluación para el animal, para así garantizar el valor del animal y la integración de la **feria** entre los **criadores**, ya que es una tradición en la ganadería.

Contexto nacional

En países como Colombia, Venezuela y algunos otros de Centroamérica, las **ferias** todavía son usadas como **parámetro** para la **comercialización de material genético**. Estos eventos se realizan en **grandes espacios públicos**, como coliseos o terrenos estructurados, y son de gran importancia para el sector ganadero, ya que **reúnen** a todos los **criadores del país**, y además brindan **reconocimientos** a las diferentes **empresas ganaderas** por tener los **mejores ejemplares** de sus **categorías**.



Sin embargo, actualmente los criadores saben de su importancia, y por esta razón viajan al exterior para participar de eventos destinados a presentar la **mejor genética**. En países como Brasil y Uruguay, las razas bovinas que son juzgadas necesitan participar de programas de mejoramiento genético; es decir, los animales deben tener informaciones genéticas confiables para conseguir participar del evento. Este tipo de evaluación genética lleva un tiempo y tiene un valor que a mediano plazo se recupera, pues sabrán qué potencial real tiene cada animal. (Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán], 2012).

Internacional

Países como Estados Unidos, Brasil, Uruguay y Argentina son reconocidos por su gran avance en el **mejoramiento de razas bovinas**. Desde los años 90 son **potencias** en eventos

de **exposición ganadera**, y esto se debe a que la **inversión** en el sector ganadero y el compromiso colectivo de los productores por **mejorar los productos**, como **carne y leche**, los llevó a ser líderes en estas industrias.

En las exportaciones de carne en el año 2019 Estados Unidos continuaba siendo el líder, acaparando casi un 20% del volumen global; Brasil ocupa el segundo lugar, con 16,3%; Argentina, con el 5%, se encuentra en el sexto lugar, y Uruguay ocupa el número 15. Colombia, en cambio, no forma parte del ranking, pues nuestra participación es mínima junto comparada con las de otros países (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2019).

¿Por qué Colombia exporta poco en comparación con los demás países?

Para poder comercializar cualquier producto de origen animal es necesario cumplir una serie de **requisitos de sanidad y trazabilidad del producto** que garantice su **calidad** para ser consumida. De acuerdo con las normas sanitarias (**buenas prácticas ganaderas**) de cada país, que los productores deben cumplir y que deben ser exigidas por las **entidades públicas** que regulan su funcionamiento (Orús, 2020).

Entre los factores que afecta el sector ganadero está la **falta de control sanitario** para las **enfermedades de control obligatorio** en ciertas regiones del país, que terminan afectando a todos. El plan sanitario debe ser ejecutado con eficiencia dentro de cada hacienda, es un **trabajo cooperativo** entre todos los **ganaderos del país**, pues al reportar brotes de enfermedades infecciosas, como la aftosa, puede afectarse la economía de todos. En 2019 Colombia reportó brotes de fiebre aftosa, una enfermedad que tiene vacuna obligatoria en todo el terreno nacional. La falta en su regularización y comercialización de animales sin registros llevó a Colombia a un **status sanitario cuestionable** frente a procesos de acreditación para exportación. Un simple control a la hora comercializar y/o de plan sanitario de cada productor **afectó** a todo un **sector económico** (Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán], 2019a).

Otro factor que afecta las exportaciones es la calidad de los productos. En el caso de la carne, los consumidores cada día son más exigentes en cuanto a su calidad (terneza, marmoreo), una característica que debemos tener en cuenta a la hora de hacer la selección. Por eso es importante poner en marcha programas de mejoramiento animal dirigidos a cada necesidad comercial que deseemos satisfacer, pues al tener un buen producto garantizamos un precio con valor agregado y un nicho de mercado específico.

¿Qué potencial tiene Colombia y qué pasos futuros nos llevarán a exportar?

Colombia es rico en **recursos naturales**, nuestro **clima es privilegiado** ante el de otros países, podemos **producir comida todo el año**, o sea, al **tener forrajes** podemos ofrecer

productos todos los meses del año. Se debe estructurar qué tipo de comercialización desea el ganadero, y su empresa debe estar dirigida a ese determinando objetivo. Colombia necesita **programas de mejoramiento genético** de cada **raza**, mediante los cuales se pueda identificar el **potencial real de sus animales** para determinadas características (carne o leche). Asimismo, en determinados climas o sistemas de producción, es necesario llevar a cabo las **prácticas de sanidad** correctamente; eso **garantizaría alta productividad** y el progreso de la región. El trabajar en conjunto por la región traerá **beneficios a todos**, pues la exportación depende de la productividad y del trabajo de toda una región.



¿Qué es INTERBULL y por qué se creó?

Es el Servicio Internacional de Evaluación de Toros ("INTERBULL") es un subcomité permanente del **Comité Internacional para el Registro de Animales** (ICAR, www.icar.org) que funciona desde 1988. Este comité internacional incluye la gran mayoría de **razas taurinas** utilizadas en el mundo. Su propósito es reunir informaciones de todas las **razas de cada país** que participan en Interbull y hacer una evaluación por país, después cruzar la información de los demás países e identificar el **potencial de cada toro probado**, o sea, se hace una clasificación de los toros por cada país y se compara después con los otros (Caraviello, 2015).



Esta comparación se lleva a cabo con el propósito de **identificar la expresión genética** de las hijas o hijos del **toro** en diferentes ambientes. ¿Y esto por qué? Porque cada país tiene variaciones climáticas y de manejo que pueden influir en el desempeño de los animales, y se debe tener certeza de cuál toro es adecuado para determinados climas y no arriesgar la inversión de comprar material genético impropio para su país (Caraviello, 2015).

En nuestro contexto tropical y subtropical, también tenemos variaciones climáticas y de manejo que afectan la selección de los animales, además de que nuestra genética, en gran parte, viene del exterior, particularmente de países como Brasil, Argentina, USA y Canadá, que tienen realidades diferentes a las nuestras, de manera que se debe prestar atención a la elección del mejor reproductor para nuestra hacienda.

Evaluaciones genéticas y genómicas internacionales

Es conocido el potencial de los países europeos y de Estados Unidos para producir, así como el gran valor genético de sus razas bovinas. Esto se debe al **esfuerzo colectivo** entre **investigadores científicos** y **asociaciones ganaderas** de diferentes países que se han unidos para ayudarse entre ellos a ser mejores. Sabemos que en el mundo existen diferentes climas y realidades; en otras palabras, hay climas estacionales, tropicales y templados, y por tal motivo, sus sistemas de producción son diferentes, debido además a las propiedades del suelo, que varían la alimentación.

Todas estas **diferencias** son muy importantes en la selección de animales con potencial genético, y debe ser considerada al momento de **comprar genética** en otros países, incluso en diferentes regiones.

Bibliografía

Aguilar, I., Misztal, I., Johnson, D. L., Legarra, A., Tsuruta, S., & Lawlor, T. J. (2010). Hot topic: A unified approach to utilize phenotypic, full pedigree, and genomic information for genetic evaluation of Holstein final score. *Journal of Dairy Science*, 93(2), 743-752. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2009-2730>

Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro. (2020). Sumario Gir leiteiro 2020. <http://gir-leiteiro.org.br/>

Butler, J. (2005). *Forensic DNA Typing: Biology, Technology, and Genetics of STR Markers*. Elsevier.

Caraviello, D. (2015). Evaluaciones Genéticas Internacionales. Reproducción y genética, 614. <https://produccionbovina.files.wordpress.com/2015/06/evaluaciones-genc3a9ticas-internacionales.pdf>

De la Vega, F. M., Lazaruk, K. D., Rhodes, M. D., & Wenz, M. H. (2005). Assessment of two flexible and compatible SNP genotyping platforms: TaqMan SNP Genotyping Assays and the SNPlex Genotyping System. *Mutation Research*, 573(1-2), 111-135. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2005.01.008>

Delgado Bernal, F. A., & Franco Gómez, C. A. (2006). Análisis de productividad de ganado lechero holstein y jersey en dos fincas de La Sabana de Bogotá. [Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1131&context=administracion_agronegocios

Díez Calderón, L. D. (2016). Caracterización de las actividades de manejo en la ganadería bovina de carne "Agropecuaria Los Molinos". [Universidad de La Salle]. http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2072/1/Caracterizacion_actividades_ganaderia_bovina_carne.pdf

Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán]. (2012). La importancia de las ferias ganaderas. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/la-importancia-de-las-ferias-ganaderas>

Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán]. (2019a). Esta fue la cantidad de animales que se trajeron en 2019. <https://www.fedegan.org.co/noticias/esta-fue-la-cantidad-de-animales-que-se-trajeron-en-2019>

Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán]. (2019b). Programa de Mejoramiento Genético. <https://www.fedegan.org.co/programas/programa-de-mejoramiento-genetico>

Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán]. (2020). Producción de leche y carne de Colombia año 2020. <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>

Fernández, J., Meuwissen, T. H. E., Toro, M. A., & Mäki-Tanila, A. (2011). Management of genetic diversity in small farm animal populations*. *Animal*, 5(11), 1684-1698. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S1751731111000930>

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2017). Por qué es importante la genética animal. <http://www.fao.org/animal-genetics/background/es/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2019). FAO: resumen de la evolución del mercado mundial de carne en 2019 - Noticias - 3tres3, la página del Cerdo. https://www.3tres3.com/ultima-hora/fao-resumen-de-la-evolucion-del-mercado-mundial-de-carne-en-2019_44846/

Lagos, M., Poggi M, H., & Mellado S, C. (2011). Conceptos básicos sobre el estudio de paternidad. En *Revista médica de Chile* (Vol. 139, pp. 542-547). scielocl.

Morón Morón, L. M. (2009). Ventajas y desventajas de los sistemas de pastoreo y confinamiento en la producción de carne en raza Cebú en el Departamento del Cesar [Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/304/

Notter, D. R. (1999). The importance of genetic diversity in livestock populations of the future. *Journal of Animal Science*, 77(1), 61-69. <https://doi.org/10.2527/1999.77161x>

Orús, A. (2020). Países líderes en producción de vacuno a nivel mundial en 2020. <https://es.statista.com/estadisticas/635290/carne-de-vacuno-principales-paises-productores/>

Pereira, J. C. C. (2004). *Melhoramento genético aplicado à produção animal*. 4. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora.

QUALITAS. (2020). Programa de Melhoramento genético Nelore. <https://qualitas.agr.br/nelore/>

Regitano, L. C. de A., & Veneroni, G. B. (2009). Marcadores moleculares e suas aplicações no melhoramento animal. *Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)*.

Tanksley, S. D. (1993). Mapping polygenes. *Annual review of genetics*, 27(1), 205-233.

Toro, A. M. (2018). Importancia de la selección genómica en la raza gyr. *Revista Cebú*, 17, 12.

Toro, A. M. (2020). Avaliação genômica em bovinos da raça Gir de Brasil e Colômbia. [Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (UNESP)]. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/192785>

Van Eenennaam, A. (2005). Marker-assisted selection in beef cattle. Department of Animal Science, University of California, USA. Disponível em: <http://animalscience.ucdavis.edu/animalbiotech/Biotechnology/MAS>.

VanRaden, P. M., Van Tassell, C. P., Wiggans, G. R., Sonstegard, T. S., Schnabel, R. D., Taylor, J. F., & Schenkel, F. S. (2009). Invited review: reliability of genomic predictions for North American Holstein bulls. *Journal of Dairy Science*, 92(1), 16-24. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1514>

Capítulo 2

SANIDAD BOVINA



1.2 ¿Qué es sanidad bovina?

En general, el concepto básico de sanidad se refiere a la salud de los animales y al control sanitario de las especies que van destinadas al consumo humano. Ahora bien, en alusión particularmente a la sanidad bovina, la Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020) afirma que:

Las enfermedades pueden aumentar la mortalidad de los rebaños y / o hacer que disminuya la productividad bovina en el mundo, lo que resulta en enormes pérdidas económicas. Las enfermedades relacionadas con la producción, como la mastitis y los parásitos externos e internos, generalmente no causan la muerte de los animales, pero siempre reducen la eficiencia de los sistemas. Las enfermedades pueden afectar la productividad al reducir la producción de leche y carne, reducir la fertilidad, retrasar el inicio de la pubertad, afectar la calidad de los productos y disminuir los niveles de conversión alimenticia. (p. 01).

Las enfermedades en la producción bovina pueden ser un riesgo para los humanos, como la tuberculosis o la brucelosis. La producción de leche y carne de países en desarrollo está expuesta a diferentes riesgos sanitarios por factores, como poco conocimiento en prácticas de prevención, administración y control de enfermedades. Además, los pequeños ganaderos invierten poco en la sanidad animal por falta de conocimiento en el área (Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, 2020).

Los problemas de salud y bienestar animal pueden reducirse en gran medida mediante la adecuada selección de animales adaptados al entorno regional, la buena capacidad del animal para resistir el clima local, las enfermedades endémicas y los parásitos locales; y, por supuesto, alimentándolos adecuadamente con los recursos disponibles. Los bovinos criados en sistemas intensivos pueden ser propensos a enfermedades transmisibles y aquellos que son criados en sistemas extensivos son más expuestos a infecciones parasitarias. Las enfermedades de control oficial sanitarias entre países fronterizos tienen importancia para la económica de bovinos, debido a que pueden ocurrir epidemias que no solo afectarían su comercialización y productos, también un riesgo para la salud humana y de los mismos animales (Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, 2020).

Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura FAO

Según la FAO la sanidad es esencial para la producción bovina, debido a que los productos de origen bovino son fuente de alimento y contribuyen con la seguridad alimentaria del mundo. Además este tipo de actividad ganadera es fuente de ingresos para pequeños productores de los países en desarrollo. (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2020).

1. INTRODUCCIÓN A LA SANIDAD

El rendimiento del ganado vacuno es función de varios factores, como la genética y la nutrición, pero todo depende directamente del estado de salud de los animales. En rebaños donde la salud no está bajo control, el potencial de los animales se ve comprometido. En consecuencia, la adopción de medidas rutinarias para prevenir los agentes de estas enfermedades determina el presente y el futuro del rebaño, y el hecho de que este sea capaz de demostrar todo su potencial y mantener su valor zootécnico y comercial. La rentabilidad de cualquier sistema de producción animal depende, básicamente, de la eficiencia del desempeño productivo, de la calidad del producto y, principalmente, de la eficiencia reproductiva, ya que la materia prima necesaria para realizar las características productivas depende del proceso reproductivo y del estado de salud de los animales (Organización Mundial de Sanidad Animal OIE, 2020).

Las enfermedades infecciosas, de origen bacteriano, viral o parasitario son importantes en este contexto, ya que afectan el sistema reproductivo de machos y hembras impidiendo la fecundación y provocando abortos espontáneos y repeticiones de celo, además del nacimiento de animales de tamaño inferior a la media. Por tanto, el control preventivo de machos y hembras es fundamental para obtener un mayor número de partos de terneros y, en consecuencia, una mayor rentabilidad. Por estas razones, las diferentes prácticas de manejo tienen una influencia directa e indirecta en la salud de las diferentes categorías del rebaño. Estos procedimientos de manejo de la salud deben comenzar incluso antes del nacimiento, para asegurar un buen desarrollo de las crías y asegurar una adecuada vida productiva y reproductiva después (Organización Mundial de Sanidad Animal, 2020).



2. PLAN SANITARIO ICA: ENFERMEDADES DE CONTROL OFICIAL EN COLOMBIA

Es esencial que cada establecimiento cuente con un plan sanitario que permita programar medidas de control, prevención para reducir riesgos de enfermedades que afectan la producción bovina. El objetivo del plan sanitario es reforzar las medidas de manejo, la recolección de muestras, aplicación de vacunas que ayuden a reducir los riesgos de enfermedades en los animales. El plan sanitario debe adaptarse a cada región en particular, ya que la enfermedad puede cambiar de una región a otra, además de las prácticas de manejo que se deben adaptar a las necesidades de cada hacienda. La vacunación contra la fiebre aftosa, brucelosis y estomatitis vesicular, está sujeta a fechas emitidas por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA (Asociación de criadores de ganado cebú de Colombia (Asocebú), 2020).

2.1. Enfermedades

Fiebre aftosa: Es una enfermedad altamente infecciosa que afecta a los animales de pezuña hendida. Producida por un virus del género de aftovirus de la familia Picornaviridae, el virus de la fiebre aftosa provoca fiebre una disminución de la producción debido a la formación de ampollas dolorosas en sitios epiteliales, principalmente boca y patas. La enfermedad es extremadamente contagiosa, se propaga rápidamente, su control es difícil y hay restricciones de cuarentena al ingreso de animales del exterior a países que están libres de aftosa (Brown et al., 1992).

¿Cómo se transmite y propaga la fiebre aftosa?

El virus se contrae por objetos contaminados con saliva, leche, alimentos y heces de los animales afectados. Los animales que se han recuperado de la infección o aquellos vacunados con virus vivo pueden actuar como portadores del virus. Los animales que están infectados transmiten el virus en forma de aerosol, afectando los animales por vías respiratorias. La enfermedad difícilmente es letal en animales adultos, en animales jóvenes la mortalidad puede ser alta, causada por una madre infectada que no puede amamantar a su cría o por miocarditis (Manual Merck de veterinaria, 2005).

La fiebre aftosa es la primera enfermedad que la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) ha establecido de manera oficial en diferentes países, debe ser reportada ante la entidad ya que hace parte del Código Sanitario para los Animales Terrestres (OIE) (Organización Mundial de Sanidad Animal, 2020).

Vacunación oficial contra la fiebre aftosa

El Programa Nacional del ICA ha establecido como obligatoria la vacunación contra la Fiebre Aftosa, esta debe realizarse por ciclos y de manera masiva en todos los bovinos y búfalos. Según la Ley 395/95, la vacunación es realizada en dos ciclos por año (Instituto Colombiano Agropecuario ICA, 2020a).

Brucelosis Bovina: es una enfermedad infecciosa crónica que causa importantes pérdidas económicas. La brucelosis es una enfermedad causada por la bacteria *Brucella abortus*, que infecta tanto a los animales como al hombre. Su manifestación clínica más común de son problemas reproductivos, causando abortos o el nacimiento de terneros débiles y la infertilidad. La brucelosis puede afectar negativamente la lactancia. En los machos causa infertilidad, al disminuir la calidad de los espermatozoides (Olsen & Tatum, 2010).

¿Cómo se transmite y propaga la brucelosis bovina?

La principal fuente de contaminación de los rebaños con animales sanos, es la introducción de animales infectados por la brucella. Su transmisión es por contacto directo, en aerosol por las mucosas con fluidos o fetos infectados. Los eventos de aborto pueden transmitir brucelosis a muchos bovinos que tienen contacto con materiales de parto. La transmisión a la cría puede ocurrir a través de la eliminación de la brucella en la leche (Olsen & Tatum, 2010).

Vacunación oficial contra brucelosis

El Programa Nacional del ICA declara como obligatoria la vacunación a todas las hembras contra la Brucelosis bovina en terneras y becerras entre los 3 y 8 meses de edad con la vacuna Cepa 19, en el caso de becerras con más de 8 meses debe ser vacunada con la Cepa RB51 y con previa autorización del ICA. En casos de saneamiento de haciendas por animales afectados, la vacunación se realiza con Cepa RB51 en hembras no gestantes. La vacunación es anual en dos ciclos y se realiza en conjunto con la vacunación de Fiebre (Instituto Colombiano Agropecuario, 2020a)

La estomatitis vesicular (EV): es una enfermedad importante en América; la EV es causada por un virus de la familia *Rhabdoviridae*, género *Vesiculovirus*, y las especies susceptibles a esta infección son los caballos, burros, mulos, bovinos, cerdos, llamas y humanos. Además del impacto de la enfermedad, existe la particularidad de ser clínicamente indistinguible de la fiebre aftosa, para lo cual se requiere un diagnóstico de laboratorio rápido y preciso, solo así es posible diferenciar ambas enfermedades y adoptar la actitud correcta frente al foco (Manual Merck de veterinaria, 2005).

La EV está en la lista de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) como de notificación obligatoria. Además de los problemas obvios causados por la infección animal, es preocupante que el EV sea una zoonosis (Organización Mundial de Sanidad Animal, 2020).



¿Cómo se transmite y propaga la estomatitis vesicular?

Aunque todavía la transmisión del virus no se ha entendido completamente, se especula que depende de los insectos como vectores. Después de ser introducido en un rebaño, el microorganismo puede transmitirse por contacto directo entre animales infectados, además de fómites (vectores pasivos) contaminados con líquido vesicular o saliva. Los seres humanos pueden contaminarse por el contacto con animales infectados, a través tanto de su saliva como de fluidos vesiculares. El virus tiene un período de incubación de dos a ocho días, pero se han encontrado casos en los que se han desarrollado vesículas en 24 horas. El primer síntoma es la salivación excesiva con posterior formación de vesículas cuyos fluidos son importantes en el mecanismo de transmisión de la enfermedad. La enfermedad rara vez es mortal en ganado vacuno y equino, pero tiende a ser letal en cerdos. Los animales se recuperan en dos semanas, a menos que estén asociadas infecciones bacterianas (Organización Mundial de Sanidad Animal, 2020).

Diagnóstico en Colombia

En Colombia, los sectores más afectados por la estomatitis vesicular son Antioquia, Santander, Meta, Cundinamarca, Casanare, Huila, Tolima y Valle. La transmisión del virus ocurre por contacto directo, ya sea por inhalación por las fosas nasales o por la boca, o por daños en la piel. La fuente directa de infección es el epitelio vesicular y la saliva. En general, la enfermedad está asociada con portadores hematófagos, las moscas del género *Lutzomyia* o *flebotomos* se han identificado como portadoras relacionadas con la transmisión del virus. El diagnóstico se realiza con muestras epiteliales o de vesículas de animales con síntomas clínicos y por prueba de ELISA (Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2020b).

podieran traer problemas futuros, tales como miasis (gusanera), infecciones, hinchazón de las articulaciones y muerte; la curación del ombligo debe ser realizada momentos después del nacimiento y con productos adecuados (Instituto Colombiano Agropecuario, 2020b).

- ✓ **Identificación:** el manejo final del ternero recién nacido es su identificación. Cada predio tendrá su propio método y forma de hacerlo. Los métodos más comunes son autocrotales metálicos y de plástico. Los animales deben ser identificados inmediatamente después de nacer (Instituto Colombiano Agropecuario, 2020b).
- ✓ **Descorne:** este proceso se realiza máximo a las seis semanas después del nacimiento, ya que minimiza el dolor del animal. Las técnicas recomendadas son: la topización con crema cáustica cuando el ternero está de pocos días, la cauterización física que se realiza por medio de topización con calor y el descornador eléctrico (Instituto Colombiano Agropecuario, 2020b).

3.2. Programa de control de parásitos

- ✓ **Vermifugaciones:** se realizan a los 2, 4, 6 y 12 meses, preferiblemente con un producto reconocido de uso oral; las vacas deben vermifugar cada seis meses.
- ✓ **Ectoparásitos:** los baños se hacen de acuerdo con el nivel de infestación para inmunizar contra Babesia, antes de los 9 meses. Se debe mantener un nivel de infestación baja para garantizar la inmunidad contra hemoparásitos en los terneros (Instituto Colombiano Agropecuario, 2020b).

3.3. Vacunaciones

Tabla 1. Sistema de vacunación general de bovinos en Colombia (algunas vacunas son indicadas para zonas endémicas).

Vacunaciones	Adulto	Observaciones
Fiebre aftosa	Dos veces al año	Sujeto a calendario oficial
Estomatitis vesicular	Dos veces al año	Vacunación indicada en zonas endémicas o en riesgo. Asesoría ICA.
IBR-DVB-PI3-BRSV Rinotraquelitis Bovina Infecciosa Diarrea Viral Bovina Parainfluenza 3 Virus Respiratorio Sincitial Bovino	Una vez al año	Las vacunas Comerciales contienen las 4 enfermedades.

3. ESTRUCTURA GENERAL DEL PLAN SANITARIO

3.1. Manejo del ternero recién nacido

- ✓ **Manejo del calostro:** el ternero recién nacido nace sin inmunidad, por lo que es necesario el consumo de calostro que contiene las Inmunoglobulinas (Igs) que necesita para su sobrevivencia y crecer. Se le debe suministrar cuatro litros en la primera hora de vida y dos litros a las seis horas después (Instituto Colombiano Agropecuario ICA, 2020).
- ✓ **Curación del ombligo:** la desinfección del cordón umbilical es esencial ya que disminuye los riesgos de infecciones umbilicales y septicemia. Se recomienda sumergir el cordón umbilical con una solución de yodo al 10% para evitar contaminaciones que



Rabia	Una vez al año	Vacunación indicada en zonas endémicas o en riesgo. Asesoría ICA
Carbón sintomático edema maligno y otras clostridiosis	Una vez al año	
Botulismo	Una vez al año	Vacunación indicada en zonas endémicas o en riesgo. Asesoría ICA.
Brucelosis	Hembras 3 -8 meses	Se recomienda vacunar con cepa RB-51 para evitar interferencia con el diagnóstico (sujetos a ciclos de vacunación establecidos por el ICA).
Leptospirosis Neumonía pasterelósica	Una vez año	Las revacunaciones se pueden realizar entre 4 y 12 meses dependiendo de la prevalencia y epidemiología del predio. Se indica especialmente previo a situaciones estresantes, como destete, parto, transporte.

Fuente: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2020)

3.4. PODOLOGÍA

Es la ciencia encargada del estudio de las pezuñas. En el ganado bovino se consideran que los problemas pódales son la tercera razón para el sacrificio de los animales, una vez que los primeros son los problemas de mastitis y los problemas reproductivos. Una buena implementación preventiva de la podología, donde se incluyan las correcciones de la longitud y el ángulo del dedo y se conservar el balance y la distribución del peso entre las pezuñas de cada pata, reducirá inversiones futuras en tratamientos, al igual que reducirá las pérdidas económicas a nivel productivo e reproductivo, ya que un problema en las pezuñas se refleja en la producción del animal afectando a futuro la reproducción.

El periodo de lactancia, el parto y el posparto de la vaca son las etapas más estresante por el gasto metabólico que el animal requiere, debido a esto, es indispensable que la podología preventiva se realiza en la época del secado del animal, para garantizar una mejor condición y evitar los problemas de laminitis que aparecen con mayor frecuencia en estas etapas (Instituto Colombiano Agropecuario, 2020b).

3.5. TERAPIA DE LA VACA SECA

Este término, se refiere al uso de antibióticos directamente dentro del pezón de la vaca (intramamarios) una vez se da por finalizada el periodo de lactancia del animal, la terapia se aplica terminado el último ordeño. El objetivo de esta terapia, es eliminar las infecciones existentes y prevenir posibles infecciones futuras durante el proceso de secado. Por lo general los productos que existen en el mercado tienen una duración de 3 a 7 semanas dentro del conducto. Otros beneficios de la terapia de la vaca seca son la reducción del recuento de células somáticas (RCS), la reducción de los casos de mastitis clínica y el incremento en la producción de leche en la siguiente lactación (Instituto Colombiano Agropecuario, 2020b).

3.6. DESCRIPCIÓN DE ENFERMEDADES COMUNES EN LA ZONA Y/O EL PREDIO Y PROTOCOLO DE TRATAMIENTOS

Según García et al., (2020), se ha identificado la presencia de las siguientes enfermedades que afectan la actividad productiva en bovinos del departamento de Caquetá:

- ✓ Leptospirosis Virus Sincitial Respiratorio Bovino VSRB
- ✓ IBR (Rinotraqueitis Bovina Infecciosa por sus siglas en inglés)
- ✓ Diarrea Viral Bovina (DVB).
- ✓ Parainfluenza Bovina tipo 3 (PI3)
- ✓ Carbón sintomático

4. PRINCIPALES ENFERMEDADES EN BOVINOS (PARASITARIAS, BACTERIANAS, VIRALES, Y ZONÓTICAS)

Las enfermedades en el ganado, sea cual sea su origen, causan grandes pérdidas económicas, toda vez que atrasan el desarrollo, disminuyen la producción de carne y leche, afectan la piel (en el caso de las enfermedades parasitarias), se aumentan los costos por tratamientos, el control, la mano de obra y el manejo especial para los animales enfermos. Además, la muerte, en el caso de aquellas enfermedades muy avanzadas o sin tratamiento (Fraga et al., 2003).



4.1. ENFERMEDADES PARASITARIAS

Babesiosis (fiebre de garrapata): Es un grupo de enfermedades transmitidas por garrapatas que afecta el 80% de las ganaderías del mundo. Debido a sus hábitos alimenticios de alimentarse de sangre de otros animales, la garrapata se convierte en un vector de varias enfermedades. Entre ellas encontramos la babesiosis (*Babesia bigemina* y *Babesia bovis*) y la anaplasmosis (*Anaplasma marginale*) (Vargas-Cuy et al., 2019; Echeverry y Osorio, 2016). Dentro de los signos el animal muestra pérdida de peso, daños en la piel por acción de las picaduras, el animal se observa anémico, débil, estresado, la producción de leche, caso sea vaca de alta producción se disminuye, llevando a una menor eficiencia reproductiva de los animales afectados. Se estima que las enfermedades producidas por las garrapatas son responsable de las mayores pérdidas económicas, aproximadamente de 76.713 millones de pesos por año en Colombia (Vargas-Cuy et al., 2019; Sepúlveda et al., 2017).

La *babesia* se caracteriza porque ocasiona una lisis extensiva de los eritrocitos (glóbulos rojos) que lleva al animal a la anemia y muerte (Muñoz, 2017). La anaplasma es una rickettsia que parasita a los eritrocitos maduros del ganado y produce una anemia hemolítica marcada, que a su vez lleva al animal a pérdida de peso. Cuando la infestación es muy elevada, puede llevar a abortos y en algunos casos a la muerte (González et al., 2014). Los animales que sobreviven a la babesiosis y anaplasmosis permanecen siendo portadores, y su sintomatología se puede manifestar durante el resto de su vida (Blanco Martínez et al., 2016). En América, donde las especies de garrapatas *Boophilus* son los únicos vectores, las enfermedades pueden controlarse con tratamientos acaricidas rutinarios.

Miasis (gusanera): La miasis es una dermatobiosis cutánea; en otras palabras, una herida en la piel causada por ciertas moscas. En Colombia, la más común es la mosca Brava y la mosca de los cuernos o de la paleta. Estos dípteros se alimentan de los tejidos vivos de los animales para poder completar su ciclo de vida (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2021). La hembra adulta cuando pica los animales para alimentarse pone sus huevos, aproximadamente 1.600, en las superficies de las heridas; estos huevos eclosionan y liberan las larvas, que penetrarán en el tejido sano para alimentarse. Mientras las larvas se alimentan y crecen, liberan un pus fétido, característico de las miasis, que sirve para atraer otras moscas. El pus liberado produce infecciones en las heridas, y los animales pierden apetito, disminuyen su producción y bajan sus defensas, dejándolos propensos a cualquier tipo de enfermedad. Si no se trata rápidamente, el animal afectado puede morir en pocos días, pero no por la infestación de larvas si no por otras enfermedades secundarias (FAO, 2021). La prevención consiste en hacer limpieza de heridas oportunamente contra larvicidas para evitar atraerlos; de igual manera, un buen manejo del estiércol y de los establos ayuda con el control de estas moscas (Contexto ganadero, 2016).

Nuche, tórsalo: es una dermatobiosis cutánea causada por ectoparásitos “la mosca *Dermatobia Hominis*”. En esta, a diferencia de la miasis, la mosca no tiene contacto con el animal, pues la hembra fértil captura mosquitos para depositar en sus patas sus huevos. Cuando

estos mosquitos pican al animal o al hombre, los huevos sienten el cambio de temperatura, eclosionan y penetran la piel intacta. Una vez en la piel, forman el conocido nuche, una inflamación en forma de volcán que va aumentando de tamaño a medida que la larva crece. Una vez la larva termina su alimentación en el animal (aproximadamente 28 días) sale de la piel para buscar enterrarse en el pasto y terminar de formarse en mosca (ICA, 1969).

4.2. ENFERMEDADES BACTERIANAS

Carbón sintomático: es una enfermedad infecciosa causada por la bacteria *Clostridium chauvei*. Afecta con mayor frecuencia al ganado de edades entre los tres meses y los dos años, aunque también al ganado adulto. Esta bacteria ataca piernas, anca, paleta y cuello. Se puede generar contaminación profunda por vía mecánica en el manejo, al rayarse el animal con alambre de púa, astillas de madera, arbustos espinosos, o jeringas mal desinfectadas (Contexto ganadero, 2016).

Los signos característicos son la crepitación al presionar los tumores que aparecen en los cuartos traseros y en las partes musculares del cuerpo; se produce cojera y pérdida del apetito, además de un olor característico a azufre, así como suspensión de la rumia, fiebre y secreciones espumosas. De no tratarse la enfermedad, el animal puede morir por enfisema. Como tratamiento, se debe lavar con agua oxigenada la parte afectada para eliminar la anaerobiosis y drenar la herida, de donde se extraen líquidos oscuros y fétidos (el material es gelatinoso, de color amarillento o negro, y en los músculos hay presencia de cristales que son burbujas de gas). Luego se debe seguir el tratamiento con el mismo procedimiento con el que se trata una herida abierta o un absceso (Urbina & Rodríguez, 1978).

Septicemia hemorrágica: enfermedad altamente contagiosa que acomete el tracto respiratorio. Su agente patógeno es la bacteria *Pasteurella multocida*. Generalmente se manifiesta de una forma aguda o pre agudo, afectando principalmente los animales jóvenes y desnutridos. Su contagio es común durante los embarques de animales durante temporadas muy frías o cuando se realiza cambios bruscos en la alimentación. Una vez la bacteria se instala y el animal comienza a manifestar la enfermedad viene a óbito dentro de las 8 a 24 horas siguientes. Las características de la septicemia hemorrágica son: atontamiento (los animales se muestran reacios a moverse), fiebre, tos, salivación, descarga nasal serosa y dificultades respiratorias; además de presentar edemas en la cabeza, cuello y pecho (de Alwis, 1984).

En los casos no tratados, la mortalidad es elevada. Esta enfermedad se puede prevenir evitando el hacinamiento de los animales en el carro de transportes cuando son largas distancias y los cambios bruscos en la alimentación. Se puede también vacunar a los animales diez días antes del embarque. Como tratamiento y control, se pueden usar sulfonamidas, tetraciclinas, penicilinas o cloramfenicol, eficaces si se administran tan pronto se detecta la enfermedad. El medio principal de control es la vacunación, la más eficaz es la coadyuvante en aceite, en el que una dosis proporciona protección de 9 a 12 meses. La bacterina de tipo precipitado en alúmina se administra cada seis meses (de Alwis, 1984; *Manual Merck de veterinaria*, 2005).



Mastitis: es la inflamación de la glándula mamaria, una de las enfermedades más comunes y costosas del ganado lechero. Aunque es causada por varios agentes, los principales son el *Staphylococcus* y *Streptococcus*. Una vez el microorganismo entra a través de la abertura en el pezón de la vaca, se situándose en la superficie de los canales lácteos. Allí se multiplica rápidamente ocasionando una migración rápida de neutrófilos por ser agentes extraños dentro del conducto. La migración de los neutrófilos y el acumulo de células y de desechos celulares hace que los conductos se obstruyan (Wilfried et al., 2002)

Fases generales de presentación: mastitis clínica, donde la glándula mamaria se observa inflamada, se evidencia poca secreción láctea debida a la obstrucción de los ductos y puede tener presencia de grumos sanguinolentos. El tratamiento del pezón debe realizarse inmediatamente ya que puede infectar los demás pezones. La mastitis subclínica, por su parte, se halla más en vacas de alta producción, no es aparente y se determina a través la prueba “California mastitis test”, que se compone de una paleta con cuatro compartimientos para hacer un despunte de cada pezón antes del ordeño y determinar cuál es el cuarto afectado, por presentar grumos en el chorro que se recolecta (Fernández Bolaños et al., 2012).

Para el control de esta enfermedad es necesario realizar rutinas de limpieza dentro del hato, implementando protocolos de higiene pre y pos al ordeño. Antes de iniciar el ordeño la limpieza se realiza con agua y jabones desinfectantes y se despunta, luego se secan los pezones y se inicia el ordeño, finalizado la extracción de leche, se lava nuevamente y se utiliza un sellante en cada pezón (productos yodados). Cuando es una ganadería de doble propósito, se realiza igualmente el lavado con agua y jabona, pero el despunte y el sellado lo realiza el ternero cuando mama (Bedolla et al., 2007; Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2020a).

4.3. ENFERMEDADES VIRALES

Rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR): Es una infección por el herpesvirus bovino 1, un miembro del género Herpesvirus de la familia Herpesviridae. El virus IBR se distribuye ampliamente y ha sido detectado en el ganado en todas partes del mundo, debido a la facilidad de transmisión y la capacidad de perpetuación, IBR es considerado prácticamente omnipresente entre las poblaciones de ganado. El período de incubación varía de 2 a 6 días, la infección se transmite fácilmente porque se acumulan grandes cantidades de virus IBR, al exteriorizado en secreciones respiratorias, oculares y reproductivas en los bovinos infectados. El ganado de engorde parece tener las tasas más altas y más graves de la enfermedad (Ristic & McIntyre, 2013).

Una amplia variedad de manifestaciones clínicas se asocian con IBR, las más frecuentes son infecciones del tracto respiratorio y reproductivo. Los síntomas son fiebre, pérdida de apetito, respiración rápida y disnea de las vías respiratorias superiores. Ocasionalmente, el bloqueo de las vías respiratorias superiores da como resultado la falta de aire. El ganado afectado generalmente tiene una secreción nasal abundante que es clara en las primeras

etapas. Cuando IBR se presenta en vacas gestantes los abortos pueden ocurrir inmediatamente o hasta 100 días después de la infección. La prevención de la enfermedad se basa en el uso de vacunas que están disponibles en una variedad de formas. La vacuna de virus vivo modificado (MLV) para inoculación intramuscular (la primera vacuna IBR desarrollada) todavía está en uso. Es fácil de administrar y es disponible en combinación con otras vacunas (Ristic & McIntyre, 2013).

ParaInfluenza 3 (PI3V): PI3V es una infección endémica reconocida, pertenece al género Respirivirus de la subfamilia Paramyxovirinae. La enfermedad es más común en terneros con mala transferencia pasiva o anticuerpos maternos afectados. La infección por PI3V es comúnmente subclínica. Es posible que la enfermedad clínica no ocurra hasta que los patógenos están presentes o cuando el medio ambiente adverso las condiciones precipitan la enfermedad clínica (Aly, N., Shehab, G & El-Rahim, I, 2003).

Sus síntomas suelen ser leves y consta de fiebre, secreción nasal y tos seca. La enfermedad a menudo se complica por la coinfección con otros virus y bacterias respiratorias, el diagnóstico de la infección por PI3V es la detección del virus en secreciones nasales, debe realizar el análisis en laboratorio. Al igual que con otros patógenos respiratorios, los brotes pueden deberse a factores ambientales, especialmente en instalaciones con poca ventilación o hacinamiento de animales en el mismo corral, esto puede maximizar la gravedad de la enfermedad y su propagación (Ellis, J, 2010).

La prevención de la enfermedad son las buenas prácticas de manejo esenciales para controlar la transmisión de PI3V y la gravedad de la enfermedad una vez que se ha producido la transmisión. La vacunación es necesaria en zonas endémicas y se debe aplicar los refuerzos de la vacuna (Ellis, J, 2010).

4.4. ENFERMEDADES ZONÓTICAS

Son todas aquellas enfermedades transmitidas del animal al hombre, entre las más comunes en el ganado bovino encontramos:

Leptospirosis: leptospirosis es una zoonosis de distribución mundial que ataca indistintamente al hombre y a mamíferos tanto domésticos como silvestres (Carreño, 2014), es causada por infección con varios microorganismos leptospirales, del género *L. pomona* y *L. hardjo*. En los terneros se conoce como orina roja. Las infecciones pueden ser asintomáticas o puede resultar de una variedad de trastornos, incluidos fiebre, ictericia, hemoglobinuria, infertilidad, aborto y muerte. Después de la infección aguda, las leptospiras, con frecuencia, se localizan en los riñones u órganos reproductivos y son excretadas en la orina, algunas veces en número elevado, durante meses o años. La leptospirosis es una enfermedad a menudo transmitida a través del agua, ya que los microorganismos sobreviven en las aguas superficiales durante períodos prolongados (Dilave, 2001).

Normalmente, la infección es adquirida por contacto de la piel o membranas mucosas con orina y en menor grado, por ingestión de alimentos contaminados por orina; estableciéndose así por rutas afectadas directamente como la mucosa conjuntival o vaginal, a través de heridas cutáneas. Los signos clínicos pueden ser graves, leves o inaparentes. Dentro de los síntomas más frecuentes en animales jóvenes, como novillos o novillas de vientre infestados con *L. pomona*, está la ictericia (amarillamiento de mucosas) y hemoglobinuria (sangre en la orina), ésta, sin que dure más de 48 a 72 horas. La mortalidad varía del 5 al 15% del hato; mientras que la morbilidad puede exceder el 75% en los animales más viejos y el 100% en terneros. Para su tratamiento se pueden usar antibióticos de larga acción (L. A.), como clortetraciclina u oxitetraciclina. Las bacterinas generalmente confieren protección contra los abortos y la muerte, reduciendo significativamente las infecciones renales. Los métodos de manejo usados para reducir la transmisión de la leptospirosis incluyen: control de ratas, cercas que separen el ganado de los arroyos o lagunas potencialmente contaminados (Suárez & Parra, 2017).

Brucelosis: enfermedad de Bang o aborto contagioso es una enfermedad originada por la bacteria *Brucella abortus*. Los bovinos pueden transmitir la enfermedad al hombre. Se disemina por la boca, en el agua y en los alimentos contaminados, por los desechos del aborto, orina, descargas vaginales, en las heces, en la leche y puede ser transmitida por contacto sexual durante la monta con un animal infectado (Suárez & Parra, 2017).

Las vacas preñadas afectadas por la brucelosis abortan entre los seis y los nueve meses de gestación. Las vacas infectadas, aunque pueden seguir su vida reproductiva, aparentemente normal, se convierten en portadoras silenciosas y permanecen así toda su vida. Los demás signos son la retención de la placenta después del parto normal o del aborto y metritis, que puede ocasionar infertilidad permanente y nacimientos prematuros; en el caso de los machos, los síntomas son: inflamación o atrofia de los testículos, infertilidad o disminución de la libido e inflamación de las vesículas seminales, y en ocasiones se puede producir artritis (Céspedes, 2005).

En los seres humanos, la enfermedad se manifiesta con dolor de cabeza, fiebre intermitente, sudoración profusa, inflamación de los testículos, impotencia sexual, esterilidad y abortos. Algunos de los medios de transmisión son: consumo de leche cruda o derivados lácteos contaminados, manipulación de fetos abortados, placentas, líquidos fetales, accidentes vacunales y manejo de carnes de animales con brucela. Esto se presenta con mayor frecuencia en operarios de planta de sacrificio animal, expendedores de carne, amas de casa, médicos veterinarios y zootecnistas (Céspedes, 2005). Solamente con análisis de laboratorio es posible confirmar el diagnóstico de brucelosis en forma directa, es decir, con aislamiento interno bacteriológico o con pruebas que confirmen la presencia de anticuerpos en suero sanguíneo o leche. Para ello es necesario hacer muestras de diagnóstico bacteriológico enviando fetos abortados frescos y/o muestras de placenta en refrigeración. Para pruebas serológicas se deben enviar sueros sanguíneos, también es necesario realizar muestras de diagnóstico bacteriológico, enviando fetos abortados frescos y/o en muestras de placenta en refrigera-

ción (Agudelo-Flórez et al., 2007). Según Pacheco (2005), “los métodos actuales de prevención y control se basan en estrategias de inmunización de los animales, utilizando vacunas efectivas para gran variedad de serotipos de *Leptospira*, cabe resaltar que estos protocolos deben contar con revacunaciones a corto tiempo, lo cual garantiza una mejor inmunización de los animales”.

La sanidad es indispensable en cualquier explotación bovina para mantener niveles de producción altos, los protocolos y buenas prácticas ayudan a la prevención de enfermedades donde se busca el bienestar animal y que a su vez el productor garantice productos de calidad para consumo humano.

5. REFERENCIAS

Aly, N. M., Shehab, G. G., & El-Rahim, I. H. A. A. (2003). Bovine viral diarrhoea, bovine herpesvirus and parainfluenza-3 virus infection in three cattle herds in Egypt in 2000. *Revue scientifique et technique-Office international des épizooties*, 22(3), 879-892.

Agudelo-Flórez, P., Restrepo-Jaramillo, B. N., & Arboleda-Naranjo, M. (2007). Situación de la leptospirosis en el Urabá antioqueño colombiano: estudio seroepidemiológico y factores de riesgo en población general urbana. *Cadernos de Saúde Pública*, 23, 2094-2102.

Asociación de criadores de ganado cebú de Colombia (Asocebú). (2020). *Plan sanitario*. <http://www.asocebu.com/index.php/blog/2014-08-27-14-06-32>

Bedolla, C. C., Castañeda, V. H., & Wolter, W. (2007). Métodos de detección de la mastitis bovina (Methods of detection of the bovine mastitis). *Redvet*.

Blanco Martínez, R., Cardona Álvarez, J., & Vargas Viloria, M. (2016). Prevalence of Endoglobular Hemotropic Parasites in Pure Gyr Cattle in Córdoba, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*, 31, 67-74.

Brown, C. C., Meyer, R. F., Olander, H. J., House, C., & Mebus, C. A. (1992). A pathogenesis study of foot-and-mouth disease in cattle, using in situ hybridization. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 56(3), 189.

Bortot, D. do C., Bariani, M. H., & Zappa, V. (2009). Rinotraquete infecciosa bovina. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, Graça*, 7(12), 1-4.

Céspedes, M. (2005). Leptospirosis: enfermedad zoonótica emergente. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 22(4), 290-307.



Contexto ganadero. (2016). *Carbón sintomático, una enfermedad que puede causar la muerte*. de Alwis, M. C. L. (1984). Septicemia hemorrágica en bovinos y búfalos. 52. *Session General. Office International des Epizooties 21-25 May 1984 Paris (Francia)*, 636.0896944 A477. Ellis, J. A. (2010). Bovine parainfluenza-3 virus. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 26(3), 575-593.

Fernández Bolaños, O. F., Trujillo Graffe, J. E., Peña Cabrera, J. J., Cerquera Gallego, J., & Granja Salcedo, Y. T. (2012). Mastitis bovina: generalidades y métodos de diagnóstico. *Revista electrónica de Veterinaria*, 13(11), 1-20.

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2020). *Sanidad animal*. <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/animal-health/es/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2021). *La cooperación internacional en el control erradicación y prevención del gusano barredor del ganado*. <http://www.fao.org/3/ai173s/ai173s.pdf>

Fraga, A. B., Alencar, M. M. de, Figueiredo, L. A. de, Razook, A. G., & Cyrillo, J. N. dos S. G. (2003). Análise de fatores genéticos e ambientais que afetam a infestação de fêmeas bovinas da raça Caracu por carrapatos (*Boophilus microplus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6), 1578-1586.

García Bustos, J. J., Celis Parra, G. A., & Sánchez Arévalo, D. C. (2020). *FNG apoya el estudio sobre enfermedades bovinas en Caquetá*. http://static.fedegan.org.co/s3.amazonaws.com/Revistas_Carta_Fedegan/151/010_SALUD_ANIMAL_FNG_APOYA_ESTUDIO_ENFERMEDADES.pdf

González, B. C., Obregón, D., Alemán, Y., Alfonso, P., Vega, E., Díaz, A., & Martínez, S. (2014).

Tendencias en el diagnóstico de la anaplasmosis bovina. *Revista de Salud Animal*, 36, 73-79. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2014000200001&nrm=iso

Instituto Colombiano Agropecuario. (2020a). Brucelosis bovina. [https://www.ica.gov.co/getdoc/1bbc8e4f-12fb-4df0-825a-2f07b8a42367/brucelosis-bovina-\(1\).aspx](https://www.ica.gov.co/getdoc/1bbc8e4f-12fb-4df0-825a-2f07b8a42367/brucelosis-bovina-(1).aspx)

Instituto Colombiano Agropecuario. (2020b). *Guía para la elaboración del plan sanitario*.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2020a). *Enfermedades infecciosas de los animales que se pueden incrementar por la ola invernal*. https://www.paho.org/col/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=temporada-invernal&alias=789-vigilancia-para-el-sector-pecuario&Itemid=688#:~:text=La presencia de lluvias genera,se dificulta significativamente la movilización.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2020b). *Estomatitis vesicular*. [https://www.ica.gov.co/getdoc/9981199c-bc79-4cfa-ba21-bca8d86a8d98/estomatitis-vesicular-\(1\).aspx](https://www.ica.gov.co/getdoc/9981199c-bc79-4cfa-ba21-bca8d86a8d98/estomatitis-vesicular-(1).aspx)

Manual Merck de veterinaria. (2005). <https://www.msdsvetmanual.com/>

Muñoz, T. (2017). Babesiosis bovina (*Babesia bovis* y *Babesia bigemina*), una enfermedad hematozoárica de importancia económica en el mundo. *Centro de biotecnología*, 5(1).

Organización Mundial de Sanidad Animal. (2020). *Información sobre las enfermedades de los animales acuáticos y terrestres*.

Olsen, S., & Tatum, F. (2010). Bovine brucellosis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 26(1), 15-27

Pacheco, G. (2015). Una visión general de la leptospirosis. *Journal of Agriculture & Animal Sciences*, 48-50.

Ristic, I., & McIntyre, I. (Eds.). (2013). *Diseases of cattle in the tropics: economic and zoonotic relevance* (Vol. 6). Springer Science & Business Media.

Sepúlveda, A. L., Pulido-Medellín, Martín Orlando y Rodríguez-Pacheco, J. E., & García-Corredor, D. J. (2017). Eficiencia in vitro de hongos entomopatógenos y productos químicos sobre *Rhipicephalus microplus*. *Revista Veterinaria y Zootecnia (On Line)*.

Suárez, Á. C. A., & Parra, C. A. B. (2017). Actualización de la leptospirosis bovina en Colombia. *Conexión Agropecuaria JDC*, 7(1), 57-77.

Urbina, M. E., & Rodríguez, G. (1978). *Carbón sintomático*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/22289>

Vargas-Cuy, D., Torres-Caycedo, M., & Pulido-Medellín, M. (2019). Anaplasmosis y babesiosis: estudio actual. *Pensamiento Y Acción*, (26), 45-60. Recuperado a partir de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/pensamiento_accion/article/view/9723

Wilfried, W., Kloppert, B., Vázquez, H., & Zschöck, M. (2002). *La Mastitis bovina*.

Capítulo 3



NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN EN BOVINOS

3.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERO

Para hablar sobre los sistemas de producción ganadero se debe conocer y entender los siguientes conceptos, de los cuales (Sandoval et al., 2007; Sobal et al., 1998; Vanhonacker et al., 2008) nos ilustran:

Sistema: es un conjunto de elementos que se relacionan e interactúan entre sí y que, en respuesta a estímulos externos, se transforman en resultados, los cuales son mostrados a través de diferentes caminos para obtener un propósito dentro de unos límites establecidos y una retroalimentación continua.

Sistema agrícola: hace referencia a la interacción de elementos o actividades que incluyen la preparación del suelo y utilización de especies vegetales, con el fin de obtener un producto que aporte proteínas, carbohidratos o minerales de origen vegetal para suplir las necesidades de la sociedad.

Sistema pecuario o ganadero: es la interacción de los elementos que influyen en la cría de animales domésticos para obtener proteína de origen animal que abastezca las necesidades de la sociedad.

Sistema agropecuario: es el resultado de la interacción de diversos elementos, como el suelo, planta, animal, medio ambiente y el hombre, este último como principal componente para el manejo y la obtención de productividad.

El sistema ganadero tiene una relevancia internacional, nacional y regional importante. Muestra de ello es que internacionalmente ocupa el 45 % de la tierra agrícola y produce 1.3 billones de empleos que mejoran la calidad de vida de las personas; a través de estos se garantizan los alimentos de origen animal para toda la sociedad (Herrero et al., 2009). En el contexto nacional, la tendencia es la misma: según Mahecha et al. (2002), la producción bovina enmarca una de las actividades de mayor impacto y desarrollo para el país, ocupando el 88 % de la zona agropecuaria nacional, con una participación del 5 % en el producto Interno Bruto (PIB) del total nacional, un 25 % en el PIB agropecuario y 60 % en la producción pecuaria.

A nivel nacional, el sistema de producción bovino cuenta con alrededor de 28.245.262 cabezas de ganado presentes en 655.661 unidades productivas. El 68 % está presente en los departamentos de Antioquia (11,3 %), Caquetá (7,9 %), Meta (7,7 %), Casanare (7,6 %), Córdoba (7,6 %), Santander (5,9 %), Cundinamarca (5,3 %), Magdalena (5,2 %), Cesar (5,1 %) y Bolívar (4,7 %) (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2020). Dicho inventario bovino se clasifica según la orientación o tipo de sistema y manejo, del cual el 39 % es cría, 35 % doble propósito, 20 % ceba y 6 % leche (Federación Colombiana de Ganaderos, 2018).

En el contexto departamental, de acuerdo con el ICA (2020) y Torrijos (2019), el Caquetá cuenta con 2.379.898 cabezas de bovinos, presentes en 22.292 unidades productivas. La orientación de la producción es al doble propósito, que abarca el 88 % del inventario del departamento, seguido de la cría, con un 9 % y lechería y ceba especializadas con el 3 %.

Clasificación del sistema de producción bovina

Sistema de Producción de leche: De acuerdo con Pérez (2017), cuando hablamos sobre el sistema de producción bovina de leche se hace énfasis en la obtención de leche, ya sea de manera manual (figura 1) o mecánica (figura 2). En algunos casos el ordeño se da con la presencia del ternero para estimular y provocar el descenso de la leche, un alimento rico en nutrientes cuyo objeto es complementar la dieta alimenticia en la sociedad, sea directamente como leche o a través de sus derivados (yogur, queso, queso-llo etc..).



Figura 1. Ordeño manual.





Figura 2. Ordeño mecánico.

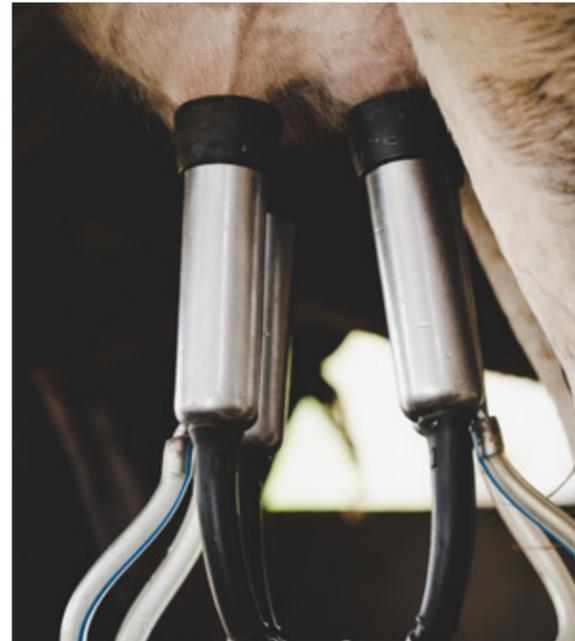


Figura 3. Producción de cría de terneros.



Figura 4. Producción doble propósito.

La producción de leche es la principal actividad obtenida en el sector agrario, a partir de la producción específica de leche, con un 40 %, y el 60 % de la producción en doble propósito (Federación Colombiana de Ganaderos., 2009).

Sistema de producción de carne: el sistema de producción bovina de carne comienza a partir de la utilización de razas puras cuyo potencial genético es producir carne, pertenecientes al grupo *Bos primigenius Indicus* como el brahman, nellore, guzerat o *Bos primigenius Taurus*, como el angus, charolesa o simmental, entre otras, o a partir del cruzamiento de estos dos grandes grupos raciales. Así se ha obtenido la adaptabilidad a varios ambientes sin perder la calidad ni afectación en los indicadores productivos (Cruz y Betancourt 2018). Este tipo de sistema se lleva a cabo mediante un ciclo completo que empieza con la cría de terneros (figura 3), frecuentemente machos, debido a su estructura hormonal y la capacidad de ganar peso rápidamente. Así se logra obtener el destete a los ocho meses con un peso promedio de 235 kilogramos, para seguir en la fase de levante, que posteriormente terminaría en la ceba, hasta obtener un peso promedio de 475 kilogramos en una edad de entre 16 y 24 meses, según se trate de un manejo intensivo o extensivo (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2016).

Sistema de Producción doble propósito: de acuerdo con Carulla y Ortega (2016), el sistema de producción doble propósito hace énfasis en la obtención de leche y carne a partir de cruzamientos de razas puras de los grupos raciales *Bos primigenius Indicus versus Bos primigenius Taurus* (Figura 4). De esta manera se obtienen cruces como el brahmolando y girolando, entre otras, y adicionalmente un alto porcentaje cuenta con una amalgama de razas

a la cual se le llama coloquialmente «siete colores», y de donde se obtienen los productos antes mencionados. Es importante recordar que este tipo de sistema de producción abarca el 35 % y el 88 % del inventario total a nivel nacional y departamental, respectivamente, lo cual lo cataloga como el sistema de producción que dinamiza la economía en el Caquetá (Castellanos Gómez et al., 2016; Roman Ponce et al., 2015).

Tipo de manejo del sistema ganadero

Sistema ganadero extensivo-extractivo: este es el sistema ganadero utilizado de manera tradicional, pues no requiere de instalaciones y necesita de mínimas prácticas de manejo. De allí su baja productividad de forraje, adicionalmente, exige extensas áreas para el pastoreo de los animales, que además, no cuentan con tiempo de descanso adecuado, lo cual causa compactación y deterioro del suelo (figura 5) y ocasiona pérdidas del material vegetativo comestible para los bovinos. Como resultado, aparece la presencia de especies indeseadas (arvenses), que produce, a su vez, una relación directa negativa en los indicadores de producción (Villanueva et al., 2008).



Figura 5. Compactación y deterioro de la pastura.



Figura 6. Sistema de producción bovina intensiva.

Sistema intensivo o de confinamiento: el sistema ganadero intensivo es el opuesto al sistema ganadero extensivo. Se requieren de animales de alto valor genético y capacidad productiva y mano de obra calificada para el desarrollo de las actividades de manejo, y aunque necesita áreas reducidas para tener los animales, es necesaria una alta inversión para la construcción de las instalaciones (figura 6) y el establecimiento de pasturas de corte o compra de alimentos balanceados (concentrados). Este sistema ha recibido críticas de los expertos en bioética animal y ambientalista por la generación excesiva de gases de efecto invernadero y por la ausencia de los espacios de confort mínimos que el animal requiere para la realización de las actividades normales como especie bovina.

Sistema ganadero semi-intensivo: es un sistema de producción bovino intermedio a los antes mencionados, y en ese mismo sentido, requiere parcialmente de infraestructura, mano de obra, establecimiento de forrajes como fuente de principal de alimento y acompañamiento de alimentos balanceados (concentrado), así como de un adecuado manejo en los periodos de ocupación y descanso en las praderas (figura 7), con el fin de ofrecer cantidad y calidad de alimento.



Figura 7. Animales en pastoreo.

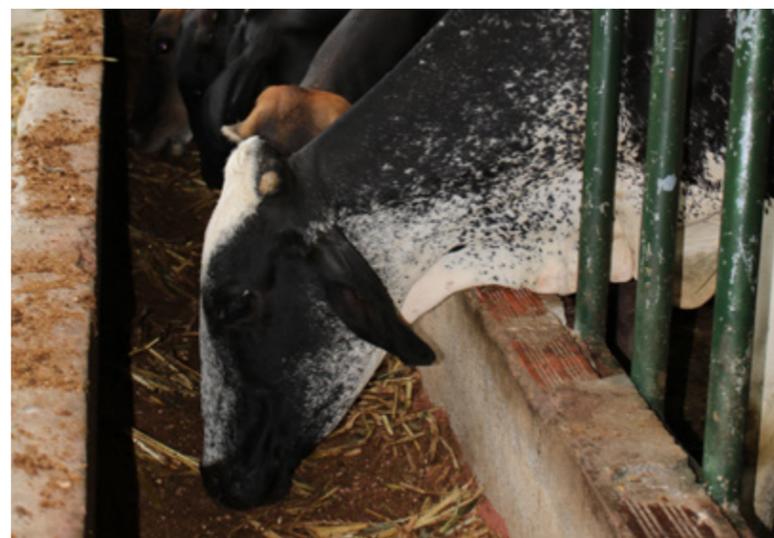


Figura 8. Animales estabulados.

3.2 PRINCIPIOS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL

Es importante resaltar la relevancia de la alimentación y nutrición, partiendo del adagio popular que afirma que “se debe ser primero agricultor y después ganadero”. Ello hace énfasis en que se debe conocer el manejo del forraje y cuidarlo como un cultivo para garantizar su disponibilidad de mismo y suplir los requerimientos nutricionales del animal, para lograr una producción viable y rentable. Por lo tanto, según Anrique (2014), Sarmiento (2012) y Domínguez et al., (2012), es importante aprender sobre la importancia de la alimentación y nutrición y conocer los siguientes conceptos:

Alimento: elemento tomado e ingerido por el animal de manera natural, cosechado directamente en la pradera o suministrado por el hombre a través de forrajes conservados o alimento balanceado (concentrados).

Nutriente: elementos esenciales (proteína, carbohidratos, grasas, vitaminas, minerales y agua) aportados por el alimento ingerido por el animal.

Alimentación: proceso que hace énfasis desde la toma del alimento, masticación, desdoblamiento y digestión del alimento.

Nutrición: proceso de transformación del elemento ingerido y absorción de los nutrientes, con el fin de generar un equilibrio para garantizar los requerimientos del animal para la producción y su sostenimiento (crecimiento y movimiento).

Palatabilidad: aceptación y gustosidad (a partir de la textura, sabor y aroma del alimento) que tiene el animal para con un alimento que, además, debe digerido de una manera fácil y rápida.

Digestión: proceso que empieza en la cavidad bucal, a partir de la masticación, mezcla de saliva y enzimas, pasa por la deglución del alimento hasta llegar al estómago e interacción del jugo gástrico (ácido clorhídrico) y termina con la obtención del quimo.

Digestibilidad: método para medir la digestión y se expresa en porcentaje.

Bolo: resultado de la masticación, salivación y deglución del alimento hasta llegar al estómago.

Quimo: resultado de la mezcla y desdoblamiento del bolo con el jugo gástrico (ácido clorhídrico) en el estómago, para ser transportado al intestino delgado y facilitar allí la adsorción de los nutrientes.

Rumiante: animal que ingiere el alimento y luego hace la rumia; adicionalmente, posee un estómago dividido en tres o cuatro cavidades, denominadas de la siguiente manera: 1. retículo o reddecilla, 2. omaso o librilla, 3. rumen o panza y 4. abomaso, cuajar o estómago.

Rumia: regreso del alimento presente en el rumen a la cavidad bucal para ser remasticado. Este proceso es generado por la contracción torácica, relajación del esfínter del cardias y movimientos peristáltico producidos por el rumen, retículo y esófago, los cuales permite tomar el alimento presente en el rumen y regresarlo a la cavidad bucal (regurgitación) para reforzar la masticación y desdoblamiento al alimento, para luego ser deglutido (tragado) nuevamente. Ello permite la utilización al máximo los nutrientes por la flora microbiana, para beneficio del animal.

Flora microbiana: microorganismos (bacterias y protozoos) de mucha importancia presentes en el rumen, encargados de desdoblar el alimento y generar los nutrientes al animal.

Fenología de la planta: desarrollo que tiene una planta en relación con las estructuras que la conforman, usos y calidad, teniendo en cuenta los factores ambientales.

Forraje: hierba que consume el animal como fuente de nutrientes, como forraje verde (FV) o materia seca (MS).

Forraje verde (FV): forraje con un alto contenido de agua y algunos nutrientes; este es tomado de manera directamente en la pradera o a través del suministro por el hombre como pasto de corte o silo.

Forraje seco o materia seca: forraje que se obtiene al momento de extraerle el agua, en este se encuentran todos los nutrientes que son utilizados por el animal.

Pared celular del forraje: una de las estructuras que conforman el forraje, hace énfasis en su parte externa y está presente elementos como la celulosa, lignina y hemicelulosa.

Contenido celular del forraje: estructura que complementa la pared celular del forraje, hace énfasis en la parte interna, en la cual encontramos nutrientes como las proteínas, carbohidratos, grasas, minerales y vitaminas, entre otros.

Fibra cruda (FC): proceso químico que refleja la fracción que no se puede digerir del forraje por parte del animal. Sin embargo, existen animales, como los ruminantes, que la pueden digerir, aunque dependiendo el porcentaje presente y la calidad de esta.

Fibra detergente ácida (FDA): forma parte de la pared celular del forraje, conformada a partir de elementos como la celulosa y la lignina; el aumento de la FDA tiene una relación directa con la disminución de la digestión por parte del animal.

Fibra detergente neutra (FDN): hace alusión a la pared total celular del forraje, conformada a partir de elementos como la celulosa, la lignina y la hemicelulosa; a medida que aumenta, la FDN tiene una relación directa con la disminución de la cantidad de alimento en relación con la materia seca por parte del animal.

Lignina detergente ácida (LDA): Es un elemento indigerible que conforma la pared celular del forraje; aumenta su cantidad cuando el forraje se madura (cuando está «jecho»).

Manejo del forraje: hace referencia a todas las actividades realizadas por el hombre en relación con el establecimiento, cosecha y recuperación del forraje.



Figura 9. Suministro alimento balanceado (concentrado) y disponibilidad de agua. Lugar: Hacienda el TABOR.

Es importante hacer énfasis en una afirmación que normalmente se escucha en la producción bovina tradicional, “Para tener éxito en la ganadería se debe pensar primero en alimentar las vacas”. En relación con lo anterior, es relevante dejar claro que el objetivo de la alimentación y nutrición debe estar enfocado en crear las condiciones y suministrar el alimento (fibra) necesario a los microorganismos (bacterias, protozoos y hongos) presentes en la panza o rumen del semoviente, toda vez que son estos los encargados de degradar la fibra obtenida del forraje para lograr la fermentación bacteriana y presencia de los ácidos grasos volátiles (AGV). Estos producen energía, con la que complementan, junto con la proteína microbiana y otros elementos, los nutrientes utilizados por el animal para la producción de carne y leche.

De acuerdo con lo planteado, el forraje debe ser el principal alimento ingerido por un animal bovino, partiendo no solo de que es el elemento más económico con el que se cuenta en cualquier unidad productiva, sino también de que cuenta con las estructuras que permiten el desarrollo de los procesos del sistema digestivo. De manera normal, los bovinos desdoblán todos los elementos y obtienen productividad; sin embargo, se debe hacer énfasis en que los elementos encargados para que ello ocurra están presentes en la materia seca del forraje. La calidad del forraje depende considerablemente del manejo de potreros, pasto de corte o banco de proteína en relación con los días de recuperación y las plagas.

Estructura del forraje

La cantidad y disponibilidad de los elementos presentes en la célula vegetal determinan la calidad del forraje. En la célula encontramos la pared y el contenido celular, por lo que es importante conocer cómo está conformada y tener en cuenta la influencia del manejo del forraje (Domínguez Gómez et al., 2012).

Pared celular: La pared celular se desarrolla en dos etapas: fibrilar y amorfa, y está conformada por una malla de microfibrillas de celulosa y polisacáridos, como pectinas, hemicelulosas, proteínas y fenoles (Azcon y Tálon, 2008). La parte externa de la planta hace referencia a la pared celular, cuya función es darle una consistencia rígida para permitir la circulación y almacenamiento del contenido celular. Es importante resaltar que la pared celular es la generadora de la Fibra Alimentaria (FA), de la que encontramos dos tipos, la fibra detergente neutra (FDN) y la fibra detergente ácida (FDA); ambos tipos constituyen indicadores de energía dietética y de la ingesta, y son elementos fundamentales para el proceso digestivo en los rumiantes, aunque este dependiendo de las características fenológicas (figura 10) de la especie forrajera (Filippi, 2011; Rachel Sarmiento, 2012).

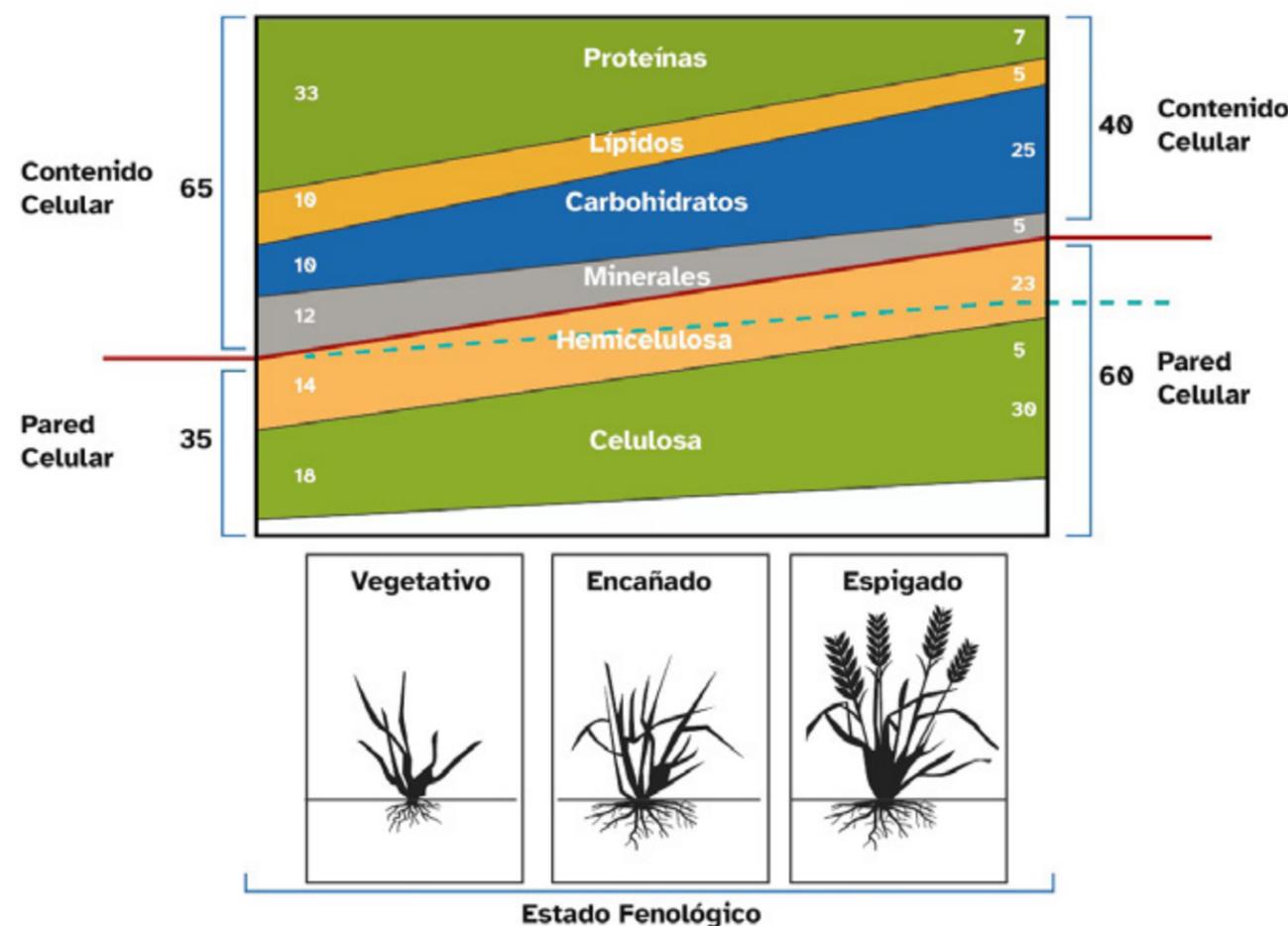


Figura 10. Influencia de la fenología en la calidad de la planta. En la etapa vegetativa, el contenido celular es del 65% y la pared celular, del 35%, caso diferente ocurre en la etapa encañado y espigado, donde el contenido disminuye al 40% y la pared celular aumenta al 60%. Fuente: Demanet 2011.

De acuerdo con Bittman, Schmidt y Cramer (1999), las células del forraje en periodo de crecimiento están compuestas por una capa externa, llamada pared celular primaria (celulosa) y otra interna, llamada pared celular secundaria (hemicelulosa). Las dos constituyen entre el 40% y el 80% de la materia seca del forraje (figura 11). En consecuencia, el periodo de recuperación y descanso (edad) de la pastura tiene una relación directa con su calidad, teniendo en cuenta que el forraje, entre más largo esté, mayor porcentaje de lignina contendrá, y esta influye en la reducción y disponibilidad de la celulosa y hemicelulosas, con lo cual afecta el porcentaje de la digestibilidad y aprovechamiento de la energía (figura 12). El forraje maduro se torna tosco, fibroso, indigerible y de baja palatabilidad, y todo eso afecta la funcionalidad de los microorganismos presentes en el rumen y ocasiona un desequilibrio en la fermentación microbiana, que, a su vez, se transforma en alteraciones fisiológicas que se reflejan en la productividad (Valenciaga & Chongo, 2004).

Figura 11. Estructura de la célula vegetal (Pared y contenido celular). Fuente: Re ilustrada a partir de Bittman, Schmidt y Cramer (1999).

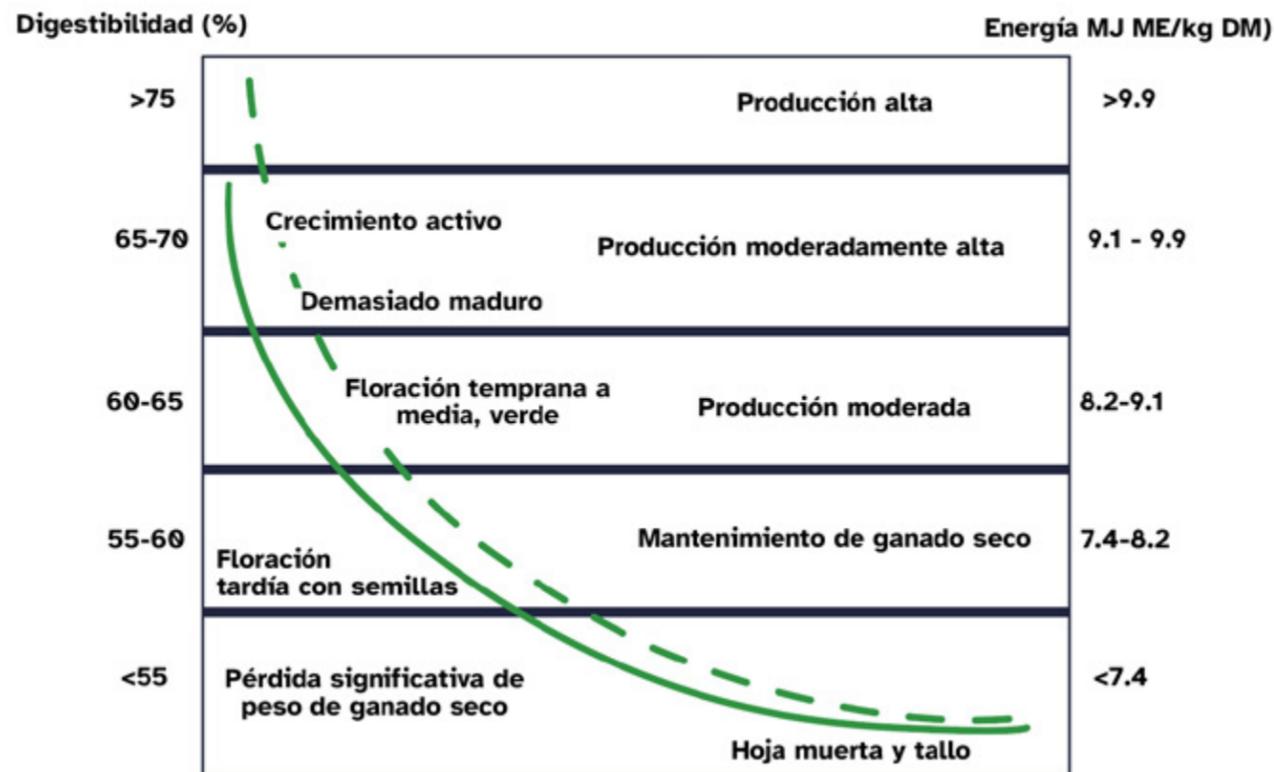
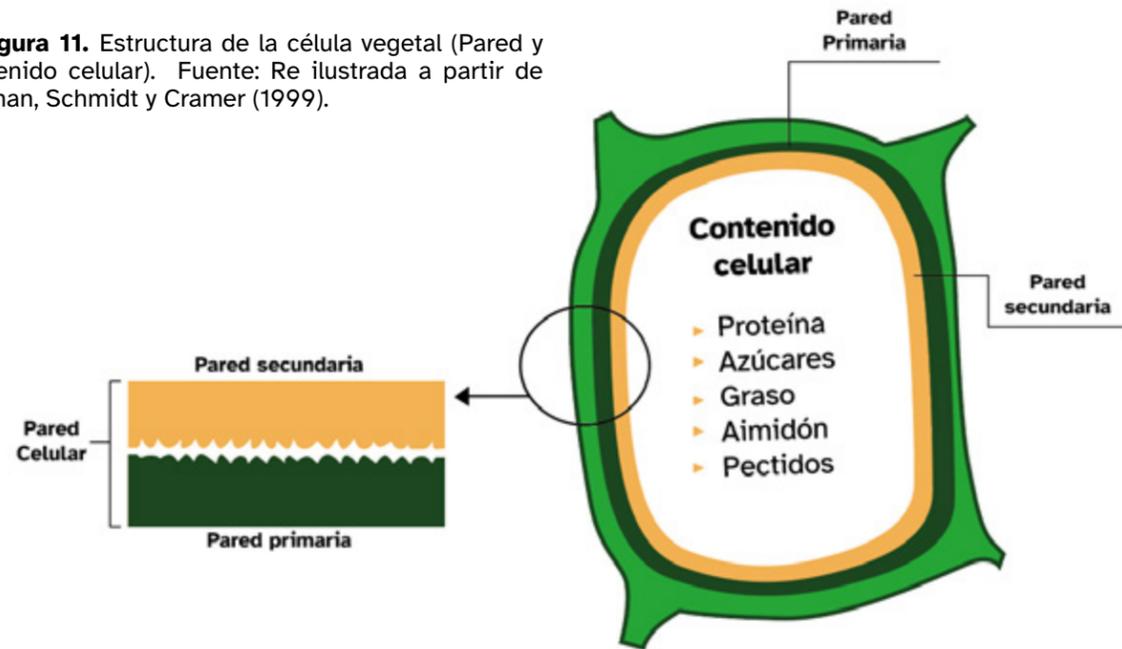


Figura 12. Comportamiento de la digestibilidad y energía - megajulios por kilogramo de materia seca (MJ ME/Kg DM) de acuerdo con la fenología de forrajes tropicales (—) y templados (---). La digestibilidad debe mantenerse por encima del 65%. Fuente: Boschma, Lollback, Rayner (2010).

Contenido celular: El contenido celular es la parte interna de la planta, en el cual se encuentran las proteínas, grasas, carbohidratos, algunas vitaminas y minerales, entre otros elementos, es el complemento de la pared celular y la fusión de estas, conforma las estructuras de la planta (Domínguez Gómez et al., 2012).

De acuerdo con Gallo (2020), la alimentación animal debe estar enfocada en la cantidad y calidad de la materia seca, teniendo en cuenta que es esta la que aporta los nutrientes (proteína, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales) que el animal debe priorizar (figura 13) para:

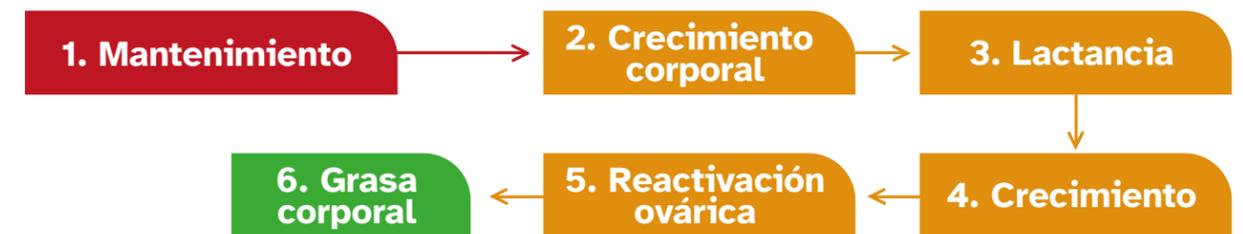


Figura 13. Prioridad del organismo animal sobre los nutrientes. Fuente: Adaptado de Gallo (2020).

Complementariamente a la materia seca está el agua (figura 14), objeto de discusión de varios expertos. Algunos de ellos expresan que no es un nutriente, sino un líquido importante que hace parte de los órganos y tejidos, y que funciona como vehículo de nutrientes y desechos y regula la temperatura corporal.

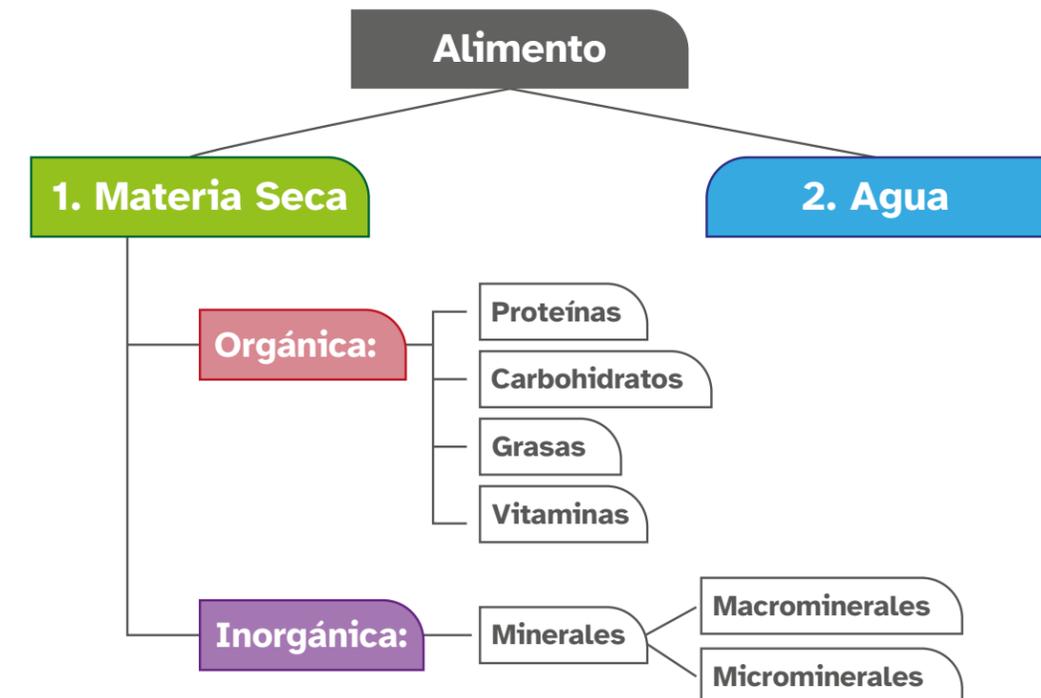


Figura 14. Estructura del alimento.

Prioridades nutricionales: son obtenidos a partir de la ingestión y digestión del alimento, sin embargo, el organismo animal debe priorizar los nutrientes para el desarrollo fisiológico adecuado a la producción (leche y/o carne). De acuerdo con esto, Sarmento (2012) hace énfasis y relevancia en la importancia de que el alimento del animal sea suministrado a partir de una dieta balanceada y que contenga los siguientes elementos:

1. MATERIA SECA (MS)

Proteína: molécula compuesta por aminoácidos y presente en todos los alimentos en diferentes proporciones, está conformada por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, elementos relevantes para el desarrollo animal, así como para su reproducción y producción.

Carbohidrato: principal nutriente que aporta energía (glucosa) a la célula y tejido del organismo, a partir de azúcar, almidón y fibra (celulosa y hemicelulosa) obtenida del alimento.

Grasa: nutriente generador de energía y precursor en la absorción de la vitamina A, D, E y K, importante para la formación del sistema nervioso, sistema musculo esquelético entre otros.

Vitaminas: elementos esenciales para tener la actividad fisiológica normal, son precursores con otros nutrientes de promover productos metabólicos y mejorar la productividad en el organismo animal. Las vitaminas se nombran con letras del alfabeto A, B, C, D, E y K; encontramos 13, que se clasifican en dos grupos:

1. Hidrosolubles: Son las vitaminas que se encuentran disueltas en el agua y entre ellas encontramos: B1 o tiamina, B2 o riboflavina, B3 o niacina, B5 o ácido pantoténico, B6 o piridoxina, B7 o biotina, B9 o ácido fólico, B12 o cianocobalamina y la vitamina C.

2. Liposolubles: Son las vitaminas que se encuentra disueltas en la grasa y entre ellas encontramos: vitamina A o Retinol, vitamina D o calciferol, vitamina E o α -Tocoferol, y vitamina K o antihemorrágica.

Minerales: Según Ciria, Villanueva y García (2005), los minerales constituyen entre el 4 al 5% del peso vivo del animal, y son importantes en la prevención de afectaciones patológicas (tabla 1), en tanto son precursores importantes para el desarrollo adecuado del organismo, principalmente en procesos enzimáticos, constitución del sistema musculoesquelético (Ca) y dientes, regeneración de la piel (Zn), crecimiento y reproducción (Ca y P), nutrición microorganismos ruminales (Co) entre otras (figura 16). Además, aunque mencionan que todos los minerales son importantes, estos elementos inorgánicos, de acuerdo con el requerimiento en la dieta, se clasifican en dos grupos:

1. Macrominerales: las necesidades están por encima de las 100 partes por millón (ppm), y entre estos están el calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na) y cloro (Cl), potasio (K), azufre (S) y magnesio (Mg), todo estos suministrados al animal a través de la sal mineralizada.

2. Microminerales: las necesidades están por encima de las 100 partes por millón (ppm), entre estos están el hierro (H), cobre (Cu), cobalto (Co), manganeso (Mn), yodo (I) y zinc (Zn) la gran mayoría de estos suministrados al animal a treves de la sal mineralizada.

Tabla 1. Afectaciones patológicas en bovino por la deficiencia de minerales en la dieta.

Efectos en el bovino	Minerales			
	Fosforo (P)	Cobre (Co)	Selenio (Se)	Zinc (Zn)
Ganancia de peso: Reducida o crecimiento lento	+++	+++	+++	+++
Pérdida de peso en el postparto	+++			+++
Alteraciones reproductivas: Tardío desarrollo genital y/o anestro	++	++	++	
Diarrea		+++	+++	
Despigmentación en la piel		+++		
Alopecia			+++	
Bajo porcentaje de manifestación del celo	+++	+++		
Bajo porcentaje de preñez	+++	+++	++	+
Abortos			++	+
Enfermedades infecciosas respiratorias		+++	++	+
Queratoconjuntivitis Infecciosa		++	++	
Mortalidad perinatal		+	+	+
Retención de placenta			++	
Mastitis subclínica			++	++
Afecciones podales		++		+++
Retardada cicatrización de heridas				+++
Fertilidad reducida en Toros			++	+++

Escala del efecto de la deficiencia de los minerales en el bovino: Leve +, moderado ++, importante +++.
Fuente: Modificado de Ricciardino y Piccinalli (1998).





Figura 15. Consumo de agua por parte de los bovinos. Lugar: CIMAZ - MACAGUAL

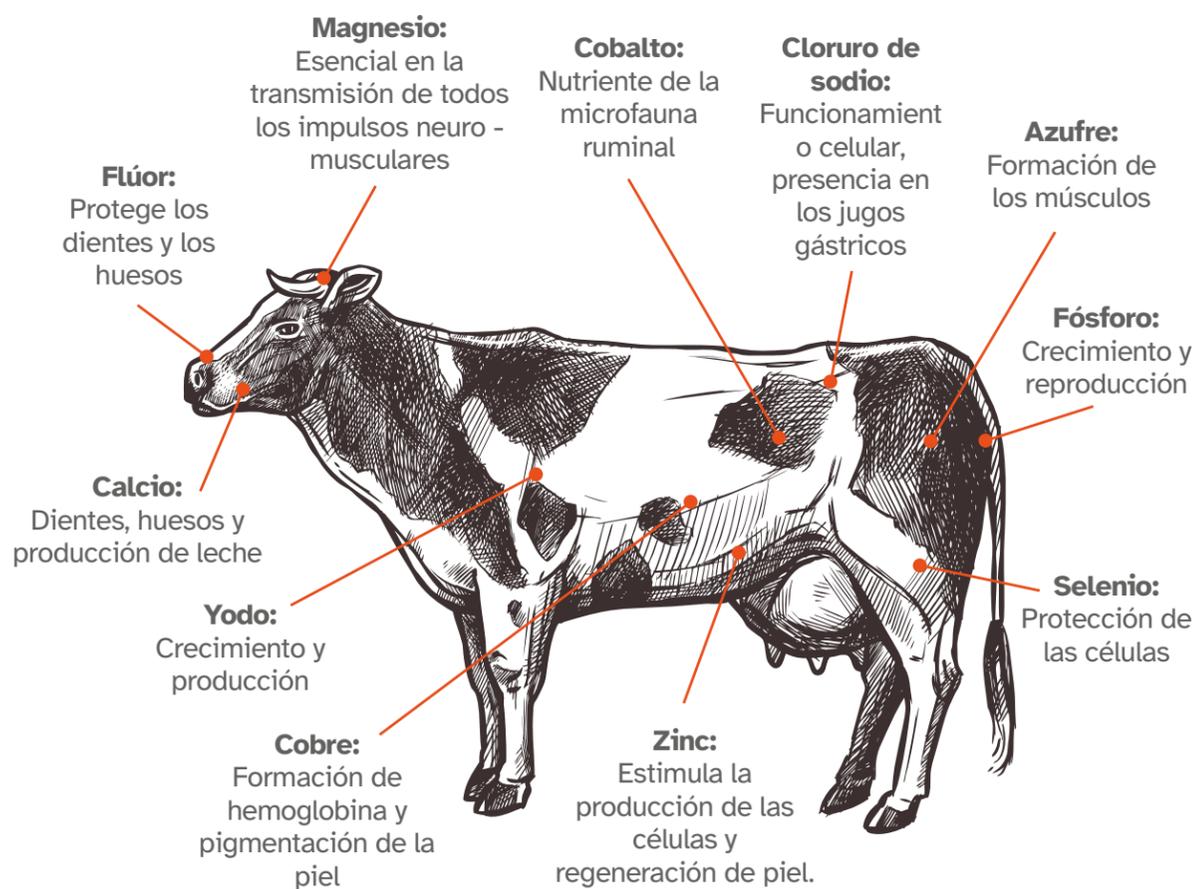


Figura 16. Efecto de los minerales en el crecimiento y desarrollo del bovino.

2. AGUA

Elemento importante para la vida, de textura líquida, sin sabor, olor y color; está presente en el organismo animal en diferentes porcentajes, de acuerdo con la edad (figura 15), y su presencia es relevante para regular la temperatura corporal y desarrollo digestivo y metabólico en el animal. El bovino ingiere entre el 6 y el 12% de su peso corporal, dependiendo de la fase de crecimiento, producción (tabla 2), temperatura ambiental (tabla 3) y la ingesta de alimento (Quevedo et al., 2019).

La cantidad de agua requerida por el animal depende:



Tabla 2. Consumo de agua de acuerdo con el tipo de producción en bovinos

Tipo de producción	Cantidad de alimento	Cantidad consumo de agua
Vaca lechera en producción (20-25 l/día)	20 kg de MS/día	55-60 litros de agua al día
Vaca de cría recién preñada o parida con un peso promedio de 450 kg	12 kg de MS/día	24 a 36 litros diarios 18 a 30 litros al día
Un novillo de 300 kg	10 kg de MS	

Fuente: Modificado de Meyer (2019).

Tabla 3. Influencia de la temperatura en el consumo de agua en el bovino.

Fuente: Modificado de Meyer (2019).

Temperatura	Cantidad de agua en litros (L)
Superior a 35°C	4 a 8/Kg MS
Entre 15 y 25°C	3 a 5/kg de MS
De -5°C a 15°C	2 a 4/kg de MS
menor a -5°C	menor de 2 a 3/ Kg de MS

3.4 FORRAJE: PRINCIPAL ALIMENTO EN LA PRODUCCIÓN

El forraje debe ser el principal alimento disponible en la alimentación animal. Recordando un poco lo mencionado con anterioridad, este alimento es el más económico y facilita los procesos digestivos para producir leche y carne. Sin embargo, se debe hacer énfasis en el forraje que no sule completamente los requerimientos nutricionales que el animal prioriza para el desarrollo y producción. Por lo tanto, se requiere de otros alimentos que aporten de materia seca (MS) de calidad, para facilitar un equilibrio y garantizar una dieta balanceada; el forraje debe ser obtenido por el animal de manera constante, tanto en la pradera como en los diferentes estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo) (figura 17), o suministrada por el productor en el corral, bien de manera fresca o bien conservado (Anzola et al., 2014).

Para seguir adelante en este componente, es importante entender el significado de los siguientes conceptos de acuerdo con Domínguez et al., (2012):

Estrato forrajero: Hace referencia a la presencia de flora en diferentes alturas en un paisaje.

Herbáceo: Hace referencia a la presencia de flora (hierba) que no tiene tallo leñoso en un paisaje.

Arbustivo: Hace referencia a la presencia de flora (arbusto) que no tiene tronco o fuste en un paisaje

Arbóreo: Hace referencia a la presencia de flora (árbol) que tiene tronco o fuste en un paisaje

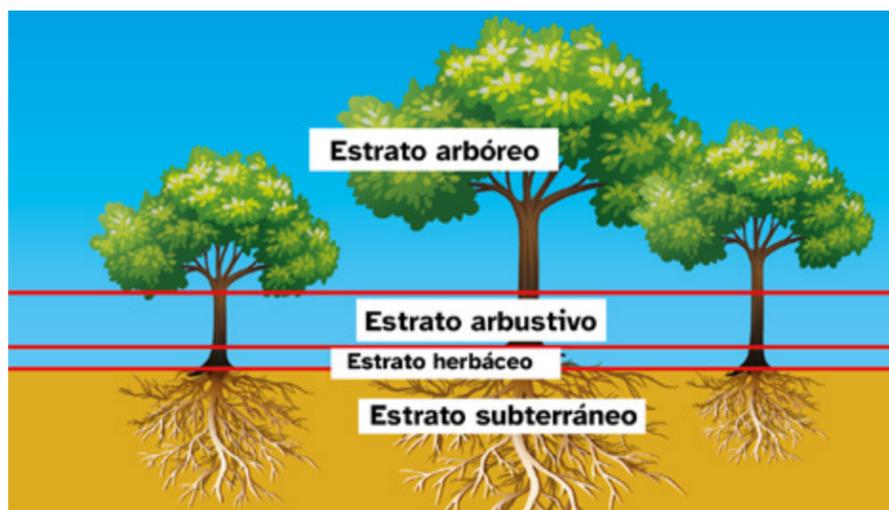


Figura 17. Estratos forrajeros presentes en la producción bovina.

El establecimiento de plantas forrajeras es una alternativa para el manejo de suelos ácidos de baja fertilidad en el trópico. La escasa presencia de nutrientes en el suelo es una limitante para la adaptación y producción de especies de gramíneas y leguminosas en esta región. Sin embargo, después de varios estudios investigativos, evidenciaron especies que tiene una eficiencia para obtener los pocos nutrientes y utilizarlos en el crecimiento y desarrollo (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1997).

A continuación, se describen los tipos de forrajes que podemos encontrar en la producción bovina en el departamento de Caquetá:

Especies herbáceas

Tabla 4. Principales gramíneas en potrero y porcentaje de proteína cruda (PC) presentes en el departamento de Caquetá.

Gramíneas		% de Proteína Cruda	% Digestibilidad
Nombre científico	Nombre común		
Brachiaria decumbens	Pasto amargo	5 - 8	49 - 60
Brachiaria Humidicola	Pasto dulce	4.5 - 8	56 - 65
Brachiaria Brizantha	Pasto Libertad, Toledo o Xaraes	7 - 14	55 - 70
Brachiaria Dyctioneura	Pasto llanero	6 - 8	55 - 60
Andropogon gayanus	Carimagua o Gamba	7 - 10	50 - 55
Brachiaria Ruziziensis x B. brizantha x B. decumbens o	Mulato	12 - 15	55 - 62
Hyparrhenia rufa	Puntero	4 - 8	50 - 60
Brachiaria Ruziziensis	Pasto Ruzzi o Congo	8 -11	65 - 70
Echinochloa polystachya	Pasto Alemán	11	65 - 70
Brachiaria plantiguinea	Braquipara	10 - 12	50 - 70
Cynodon nlemfuensis	Pasto Estrella	10 - 15	60 - 70
Panicum máximo	Pasto Guinea o Mombasa	10 - 14	60 - 70
Paspalum notatum	Gramma dulce	7 - 10	54 - 59
Homolepis aturensis	Gaudilla	7.7	41

Fuente: Adaptado de Peters et al., (2003); Gómez y Velásquez (1999); Maldonado y Velásquez (1990); Laredo (1985).





Figura 18. Potrero con Brachiaria Humidicola en hatos del trópico húmedo, Caquetá.

Tabla 5. Principales gramíneas presentes en el potrero con su densidad de siembra, forma de crecimiento y periodo de descanso en el departamento de Caquetá.

Nombre común	Densidad Siembra	Forma de crecimiento	Periodo de descanso
Pasto amargo	4 - 6Kg/ha*	Decumbente	40 - 45 Días
Pasto dulce	4-6Kg/ha o 1 t*/ha (MV)*	Estolonífero	25 - 30 días
Pasto Libertad, Toledo o Xaraes	4 - 6Kg/ha	Macollado	22 - 30 Días
Pasto llanero	4 - 6Kg/ha 20.000 matas/ha	Estolonífero	35 - 45 días
Carimagua o Gamba	6 - 8 kilos/ha	Macollado	35 - 42 días
Mulato	8-10 kg/ha	semi-decumbente	25 - 45 días
Puntero	5-8 kg/ha	Macollado	40 - 42 días
Pasto Ruzzi o Congo	4 - 6Kg/ha	Decumbente	30 - 45 Días
Pasto Alemán	MV: 1 - 2 t/ha	Erecta a decumbente	45 días
Braquipara	MV: 1,5 - 2 t	Estolonífero	
Pasto Estrella	MV: 1,5 - 2 t	Estolonífero	35 días
Pasto Guinea o Mombasa	6 - 8 kilos/ha	Macollado	45 - 50 días
Gramma dulce	10 - 15 kilos/ha	Estolonífero	30 - 35 días
Gaudilla		Estolonífero	

*MV: Material vegetativo. *ha: Hectárea *T: Tonelada
Fuente: Adaptado de FAO, 2012; Peters et al., (2003); Angel et al., 2007; Pardo, Rincon y Hess, (1999); Pérez y Lascano, (1992).

Tabla 6. Principales gramíneas para corte, acarreo con el porcentaje de proteína cruda (PC), densidad de siembra y periodos de corte presentes en el departamento de Caquetá.

Gramínea	% PC	% Digestibilidad	Densidad Siembra	Periodo de corte
King Grass morado y verde	8 - 10	56	MV*: 1.5 - 2 t/ha*	45- 60 días
Cuba 22	16 o 18 %	56	MV: 2 t*/ha	45 a 60
Pasto Maralfalfa	8 a 16 %	55 y 70 %	MV: 3.5 - 4 t/ ha	45 días
Pasto Imperial	6 - 12	40 - 80	MV: 450 a 500 kg/ha	90 - 100 días
Pasto elefante	7 - 10	50 - 60	MV: 4 a 5 t/ ha	60 días
Pasto Guatemala	7	Baja	MV: 900 - 3000 kg/ha	60 a 90 días
Caña forrajera	4 - 7	50 - 60	MV: 10 a 14 t/ha	Primer corte al año, luego cada 2 meses

MV: Material vegetativo t: Tonelada Kg: Kilogramo ha: Hectárea m2: metro cuadrado
Fuente: Peters et al., (2011); Araya y Boschini (2005); Chacón, y Vargas (2009).

Variable	Promedio - Media
% pastos	83
% bosque	12
% rastrojo	4
Número praderas	17,10
Área pradera grande (ha)	5,15
Área pradera pequeña (ha)	1,88
Ocupación pradera (días)	3,71
Biomasa kg MS/ha/corte	1825,93
Altura pasto (cm)	26,66
Proteína bruta (%)	6,59 %
Lignina (%)	12,31
FDN (%)	81,61
FDA (%)	46,32
Cenizas (%)	9,15
Capacidad de carga UA/ha	0,73
Vacas ordeño	16,50
Total leche/día (kg)	103,50
Leche/vaca/día (kg)	6,08
Leche/ha/año (kg)	1.492,95
Duración ordeño (horas)	1,63
Leche consumo (litros)	1,85
Valor litro leche (COP\$)	993,68
Edad destete (meses)	9,15
Peso al destete (kg)	168,5

Tabla 7. Variables en agroecosistemas de pasturas en hatos del trópico húmedo, Caquetá.

MS: materia seca, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, UA/ha: unidades animales por hectárea, igual a 450 kg peso vivo
Fuente: Modificado de Motta y Ocaña (2018).



Figura 19. Pasto Imperial para corte y acarreo, establecido en hatos del trópico húmedo, Caquetá.



Matarratón	20 - 30	50 - 75	Arbustivo - Arbóreo	SI	Estaca (30 a 50 cm) o semilla (1kg - 8000 semillas)	Ordeno: Solo hoja o corte entre 40 a 120 cm del suelo cada 90 días	208 Kg
Morera	15 - 28	75 - 89	Arbustivo	NO	Estaca	90 días	4 - 5 kg
Pizamo	16	71 - 78	Arbustivo - Arbóreo	SI	Semilla: 1kg tiene 4.500 semillas Estaca	90 días	3 - 4 kg
Cratylia	1 8 - 30	60 - 65	Arbustivo	SI	Semilla	Se corta a 30-90 cm sobre el nivel del suelo, cada 50 a 90 días	2-3

MV: Material vegetativo

t: Tonelada

Kg: Kilogramo

ha: Hectárea

cm: Centímetro

ø: Diámetro

Fuente: Cabrera et al., (2019); Castañeda et al., (2016); Gómez et al., (2002); Ariza (1986).

Especies arbustivos

Tabla 8. Leguminosos y no leguminosos, herbáceos, arbustivos y arbóreos presentes en el departamento de Caquetá.

Especie forrajera	% PC	% Digestibilidad	Tipo	Leguminoso	Densidad de siembra	Periodo de recuperación	Cantidad de forraje por arbusto
Maní forrajero	17 - 20	60 - 70	Herbáceos	SI	MV*: 500 - 600 kg*/ha*	35 - 40 días	
Kudzu	16 - 21,3	53 - 55	Herbáceos	SI	Semilla Asociada: 4 - 5 kg/ha	30 a 40 días	
Stylosanthes	18 - 15	48 - 59	Herbáceos	SI	Semilla: 2 a 5 kg/ha	24 a 60 días	
Frijolillo	16 - 24	58 - 66	Herbáceos	SI			
Pega	13 - 21	34 - 54	Herbáceos	SI	Semilla: 0.3 - 0.5 kg/ha		
Nacedero	12 - 22	50 - 70	Arbustivo	NO	Estaca (2 - 3 nudos - 20 x 2.5 cm ø)	El corte se hace a 1 metro del suelo cada 90 días	4 - 5 Kg
Botón de oro	28.5	63 - 65	Arbustivo	NO	Estaca (3 nudos - 20 a 30 cm)	40 - 45 días	208 Kg

Figura 20. Nacedero, para corte y acarreo, establecido en hatos del trópico húmedo, Caquetá.



Figura 21. Botón de oro, para corte y acarreo, establecido en hatos del trópico húmedo, Caquetá.



Figura 22. Cratylia, para corte y acarreo, establecido en hatos del trópico húmedo, Caquetá.



Figura 23. Bohío, para corte y acarreo, establecido en hatos del trópico húmedo, Caquetá.



Especies arbóreas

Tabla 9. Árboles utilizados en la producción bovina para sombrero y alimentación en el departamento de Caquetá.

Especie forrajera	% PC	% Digestibilidad
Bohío	15 - 16	17 - 32
Boca de Indio	20	27
Lacre	6,79	13,93
Yarumo	11,47	23. 73
Cañabrava	8,56	22,99
Laurel	12,78	21,65
Tabaquillo	19,07	25,55

Fuente: Castañeda et al., (2016); Zapata, Orjuela, J & Guayara (2013).



Figura 24. Boca de indio, para ramoneo y sombrío, presente en hatos del trópico húmedo, Caquetá.

3.4 IMPORTANCIA DE LA CONDICIÓN CORPORAL (CC)

Como se ha mencionado con anterioridad, el forraje debe ser la principal fuente de materia seca por suministrar a nuestros semovientes; sin embargo, se debe reconocer que este no cumple con los requerimientos nutricionales. Además, existen factores que influyen en la cantidad y calidad del forraje, como es el caso de la precipitación, la temperatura y la humedad relativa, entre otros, los cuales afectan de manera directa la condición corporal (CC). Se puede presentar, por ejemplo, un desequilibrio principalmente en el componente de energía y proteína, que afecta la homeostasis del animal, que podría presentar patologías diversas que no solo afecten los indicadores productivos, sino que en algunos casos podrían producir la muerte del animal. De acuerdo con Fernández (2015), para entender la importancia de la CC es importante conocer y aprender los siguientes conceptos:

Condición corporal: método realizado a partir de la observación y palpación utilizado en la producción bovina con el objetivo de evaluar las reservas corporales (grasa y músculo) y estado nutricional de la vaca.

Grasa corporal: hace referencia a la acumulación máxima de energía, y debe ocupar el mínimo espacio. Encontramos, por ejemplo, la grasa subcutánea, cuya función es generar y estabilizar el calor corporal.

Anabolismo: proceso de formación a través de la síntesis de elementos nutricionales sencillos; construye elementos grandes a partir de otros pequeños. En este proceso se consume de energía.

Catabolismo: proceso de degradación de los elementos presentes en los nutrientes, mediante el cual se reducen moléculas complejas en otras sencillas con el objetivo de obtener energía para el organismo.

- **Método para determinar la condición corporal en los bovinos**

El método para determinar la CC es sencillo, económico y subjetivo; sin embargo, se debe tener en cuenta el manejo alimenticio, la fase de producción y la composición y conformación racial; por lo anterior, se requiere de una persona experta con el fin de hacer un diagnóstico acertado a partir de la observación y palpación de estructuras anatómicas definidas, con el objetivo de establecer la dieta alimenticia para suplir los requerimientos nutricionales del animal en fase de parto y primer tercio de lactancia. Esto ayuda a evitar alteraciones fisiológicas que causen enfermedades metabólicas, inactividad reproductiva y producción (Correa & Velásquez, 2010).

Tabla 10. Árboles para madera y sombra en el departamento de Caquetá.

Especie forrajera	Uso
Chocho	Sombrío y madera
Igua	Sombrío y madera
Abarco	Sombrío y madera
Ahumado	Sombrío y madera
Capirón de vega	Sombrío y madera
Carrecillo	Sombrío y madera
Cedro	Sombrío y madera
Chilco	Sombrío y madera
Fono	Sombrío y madera
Maduraplátano	Sombrío y madera
Nogal	Sombrío y madera
Resbalamono	Sombrío y madera
Tachuelo	Sombrío y madera
Uva caimarona	Alimento, Sombrío y madera

Fuente:
Castañeda et al., 2016.



Tipo de escala de acuerdo con el sistema de producción bovino

Existe un solo método a partir de la utilización de dos escalas, el cual se puede utilizar de 1 a 5 o de 1 a 9. En ambos casos, 1 corresponde a animales extremadamente delgados y 5 o 9, según el caso, a animales obesos (tabla 11). Algunos autores como Houghton et al., (1990) y Wagner et al., (1988), recomiendan que la escala menor se utilice en sistemas de producción lechera, y la mayor, en la ceba.

Tabla 11. Escalas utilizadas para determinar la CC y porcentaje de grasa corporal.

Diagnóstico	Escala de la CC 1 - 5	Escala de 1 - 9	Porcentaje de grasa corporal
Extremadamente delgado	1	1	3,8
Muy delgado	1,5	2	7,5
Delgado	2	3	11,3
Límite de delgado	2,5	4	15,1
Moderado	3	5	18,9
Ligeramente gordo	3,5	6	22,6
Gordo	4	7	26,4
Obeso	4,5	8	30,2
Extremadamente obeso	5	9	33,9

Fuente: Adaptado de Houghton et al., (1990); Edmondson et al., (1989).

Parámetros para determinar la condición corporal en bovinos

De acuerdo con Edmondson et al., (1989), los parámetros para tener en cuenta para determinar la CC en los bovinos son:

Puntos corporales por evaluar

(Figura 25 y 26)

- 1. Sobre las apófisis espinosas de las vértebras lumbares y coccígeas
- 2. Alrededor de la inserción de la cola
- 3. Punta del esternón
- 4. Región perineal: flancos y entre glúteos
- 5. Escápula - paleta

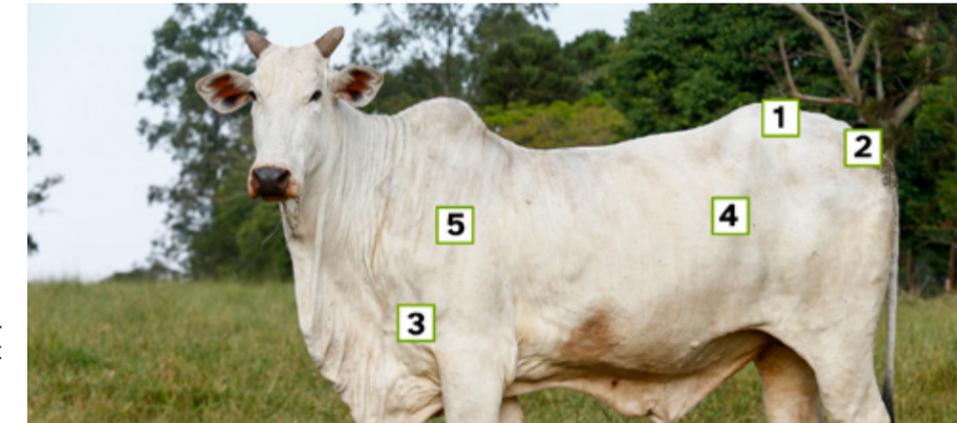


Figura 25. Puntos corporales para determinar la CC en los bovinos.

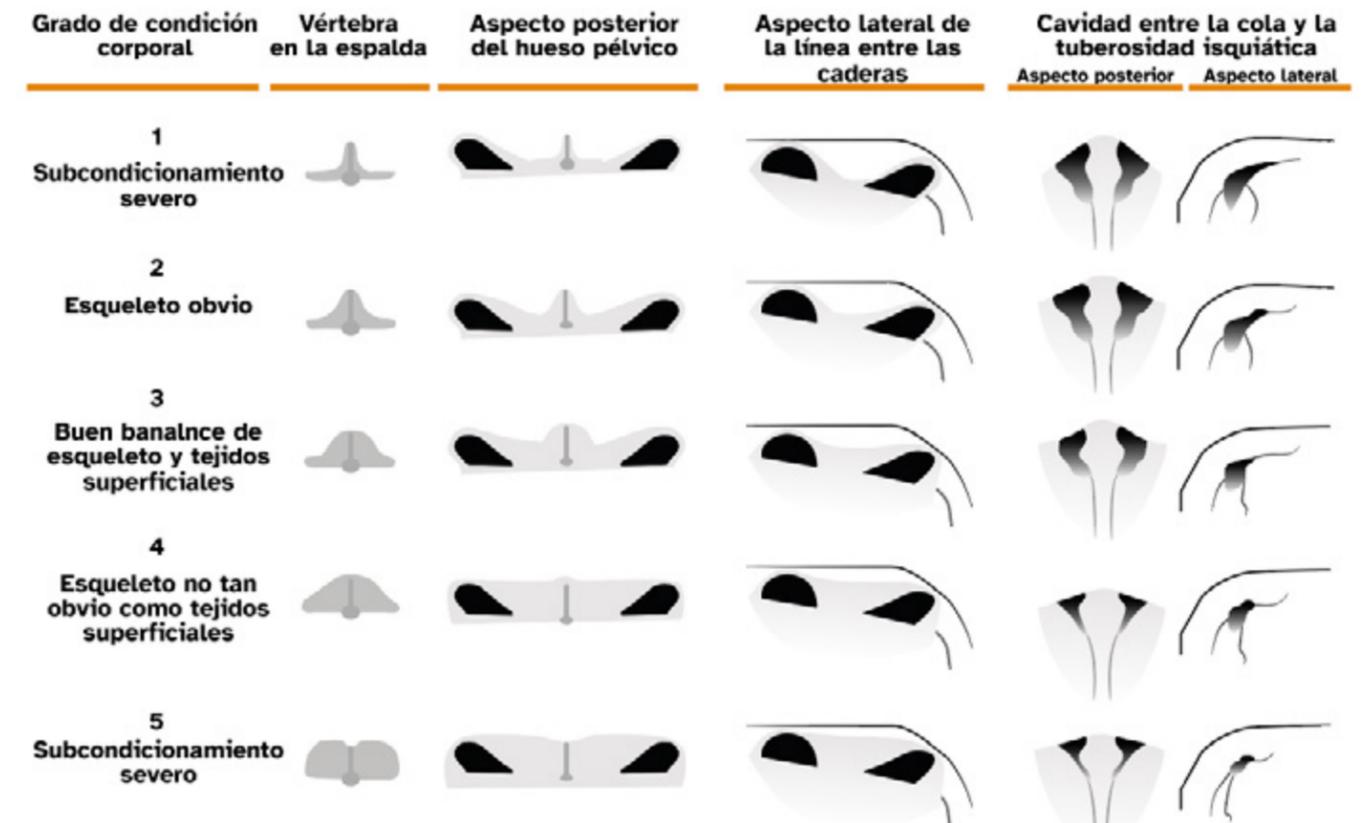


Figura 26. Parámetros para determinar la condición corporal en bovinos. Fuente: Edmondson et al.,

• **Efecto de la condición corporal – Balance Energético Negativo (BEN)**

El Balance Energético Negativo (BEN) hace referencia al déficit de energía consumida y la requerida por el semoviente, esta energía es utilizada para el mantenimiento, producción de leche y gestación (McNamara et al., 2003). El BEN se presenta en las vacas lecheras entre las últimas tres semanas preparto y hasta la octava semana postparto (figura 27). El BEN es causado por la disminución de la ingesta de materia seca y el estrés presente en esta fase de transición, y adicionalmente, por el déficit nutricional aportado por la materia seca suministrada por el productor. En esta fase de transición la vaca incrementa el requerimiento energético, toda vez que el animal se prepara e inicia la producción de leche, que utiliza las reservas de grasa para mitigar el requerimiento de energía (Gómez & Campos, 2016).

Figura 27. Balance energético estimado de vacas en transición. Fuente: Modificado de Grummer, (1995) citado por Roa & León (2014).

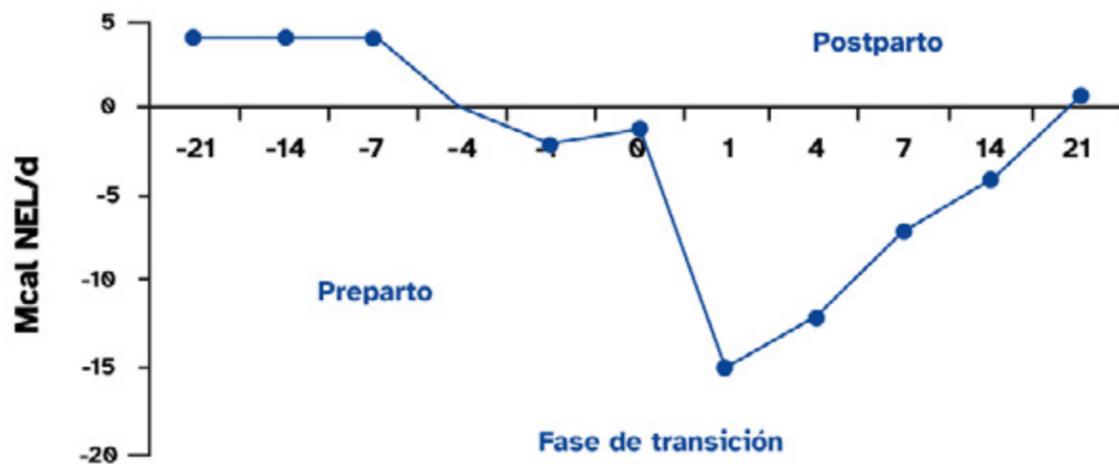


Figura 28. Fisiología del organismo de la vaca en el periodo de lactancia. Fuente: Modificado de Carmo (2008) citado por Roa & León (2014).

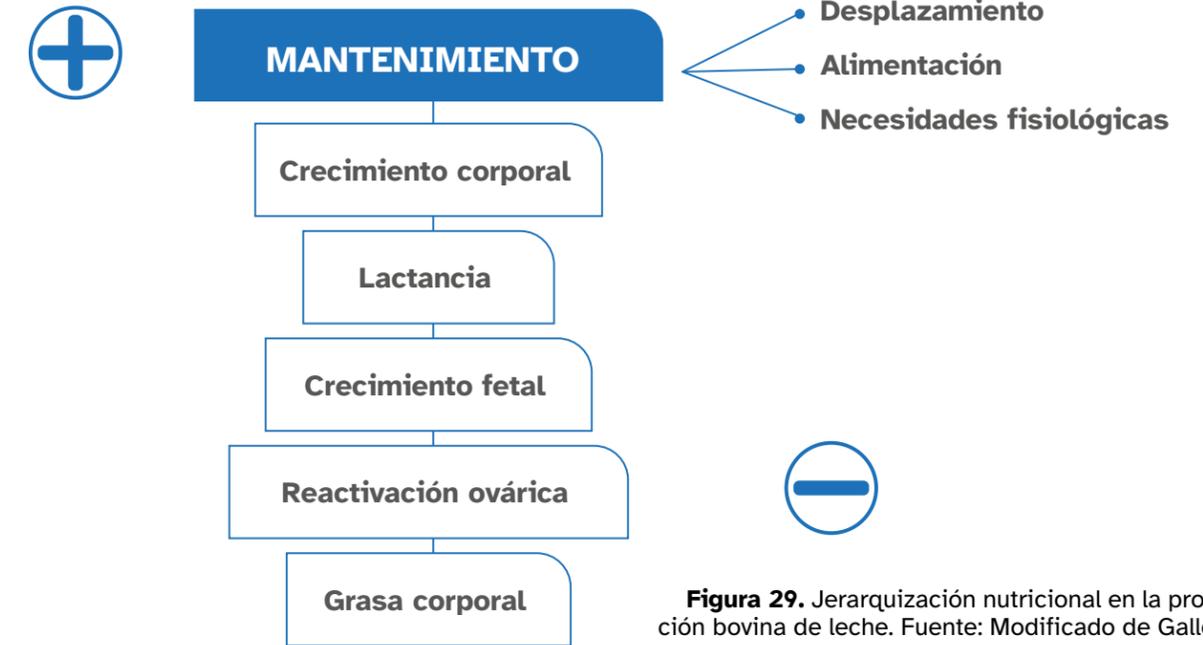
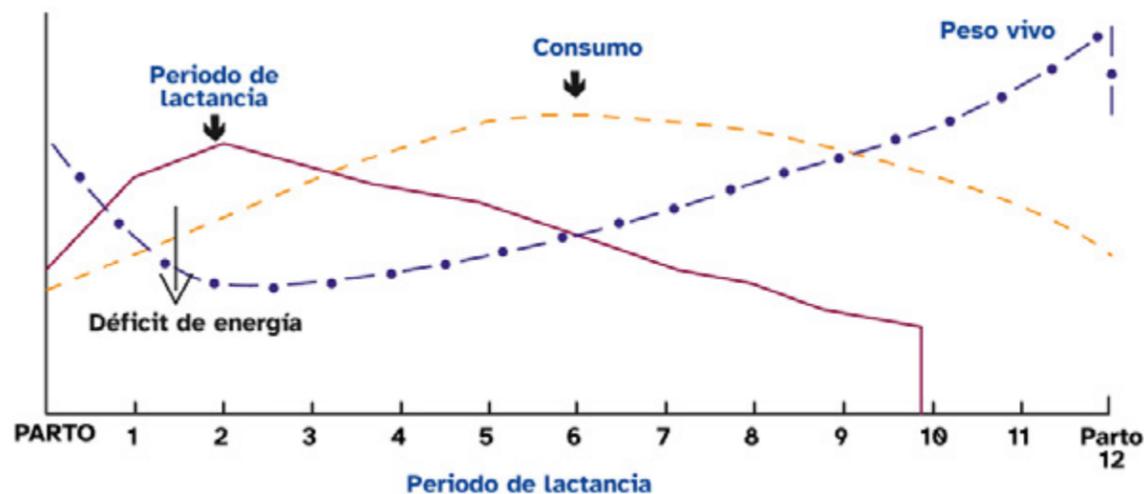


Figura 29. Jerarquización nutricional en la producción bovina de leche. Fuente: Modificado de Gallo (2020).

• **Condición corporal recomendado en los diferentes estadios de la lactancia**

En el sistema de producción bovina doble propósito se debe pensar en la cantidad y calidad de leche producidas por animal, y garantizar una CC adecuada al momento del parto (figura 28). Lo anterior, con el fin de crear condiciones propicias para la reactivación reproductiva (figura 30), partiendo de que si no se garantiza lo anterior se presenta una relación negativa en el porcentaje de la tasa de preñez (Orozco y Uribe, 2010).

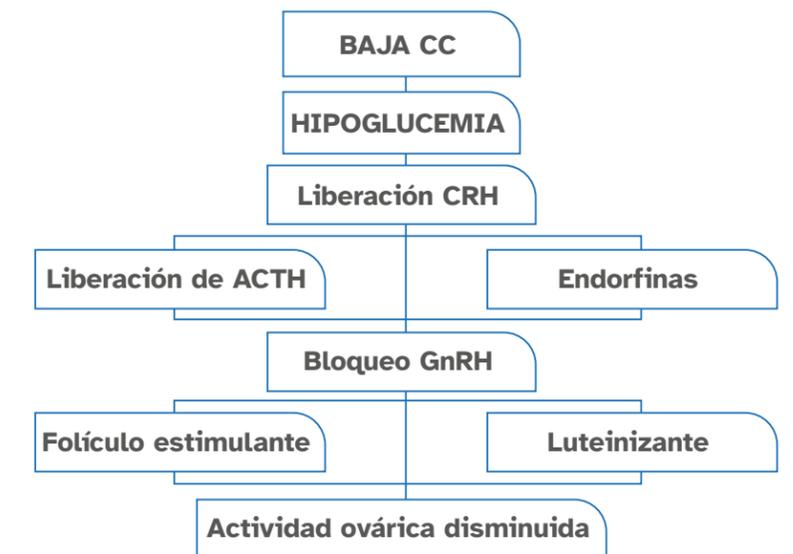


Figura 30. Fisiopatogenia reproductiva cuando se presenta una baja condición corporal. Fuente: Modificado de López (2006).

Tabla 12. Valores recomendados de condición corporal en las diferentes etapas de la campaña productiva de la vaca

ESTADO	VALOR DE LA CONDICIÓN CORPORAL	
	RANGO	DESEABLE
Al momento del parto	3,25 - 3,75	3,5
Pico de producción (1er tercio)	2,25 - 2,5	No inferior a 2,0
Producción estable	2,5 - 3,0	2,75
Disminución en la producción	3,0 - 3,5	Al finalizar el periodo 3,5
Periodo seco - Horro	3,25 - 3,75	3,5

Fuente: Almeyda y Parreño (2011).

• **Referencias para determinar la condición corporal en bovinos.**

Figura 31. Condición corporal 1: Extremadamente delgada. Fuente: Adaptado de Kabaleski, (2013).



Figura 32. Condición corporal 2: Delgada. Fuente: Adaptado de Kabaleski, (2013).



Figura 33. Condición corporal 3: Moderado. Fuente: Adaptado de Kabaleski, (2013).



Figura 34. Condición corporal 4: obesa (gorda). Fuente: Adaptado Kabaleski, (2013).



Figura 35. Condición corporal 5: Extremadamente obesa o gorda. Fuente: Adaptado Kabaleski, (2013).



3.5 ALTERNATIVAS Y SUPLEMENTOS NUTRICIONALES

Como se ha dicho anteriormente, el forraje es el principal alimento que debe ser consumido por el animal bovino, teniendo en cuenta los beneficios que trae cuando se garantiza en cantidad y calidad suficientes. A partir de esto, existe diversidad de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, así como otros insumos que pueden complementar la deficiencia presentada en nuestras praderas. Es necesario hacer énfasis en que estas no tienen los nutrientes necesarios para satisfacer las prioridades en el animal con el fin de que este pueda realizar los procesos fisiológicos, lo cual es aún más crítico en la época de sequía (verano) y lluvia (invierno).

De acuerdo con lo anterior, es importante ilustrar al lector sobre las posibles alternativas de alimentación, teniendo en cuenta que este es un suplemento de la dieta normal, mas no la dieta completa del del bovino. Para ello la implementación y el uso de estas alternativas se parte de aspectos relevantes (Figura 36) para determinar los requerimientos necesarios para la sostenibilidad y reproducción. Además, se debe ser constante con la dieta seleccionada, y recordar que el alimento ingerido por el animal nutre los microorganismos ruminales, y estos demandan un periodo de acostumbramiento que puede tomar entre 20 y 30 días.

Con el fin de avanzar y conocer alternativas nutricionales, es importante conocer y entender los siguientes conceptos:

Conservación de forraje: proceso en el cual se garantizan las propiedades del forraje por un periodo determinado, con el fin de mitigar épocas críticas y avalar la cantidad y calidad del alimento.

Henificación: Proceso físico de conservación mediante el cual se disminuye el porcentaje de agua presente en el forraje hasta un 20 %, el cual impide la respiración de la planta y evita la presencia de microorganismo que causan podredumbre en al forraje.

Heno: producto final obtenido de la henificación.

Silo: lugar de almacenamiento del forraje procesado para su respectiva conservación

Ensilaje: proceso que tiene el forraje verde a partir de la anaerobiosis, complementando con otros insumos con el fin de facilitar la fermentación y mejorar la calidad en el momento del almacenamiento y conservación.

Silaje: producto final obtenido del ensilaje.

Bloque Multinutricional (BMN): alimento que contiene alta concentración de energía, proteína, minerales y elementos que le dan buen aspecto de bloque.

Concentrado: alimento balanceado seco, elaborado a partir de la mezcla de materia primas, suministrado en harina o peletizado.

Hidroponía: método alternativo para cultivar forraje de alta calidad en un periodo corto sin la utilización de suelo.

Glicerol: subproducto líquido rico en carbohidratos, utilizado como alternativa de alimentación en rumiantes.

Snack – pasabocas: alternativa de alimentación rica en energía, obtenida de comestibles (papas, chitos, gomas etc.).

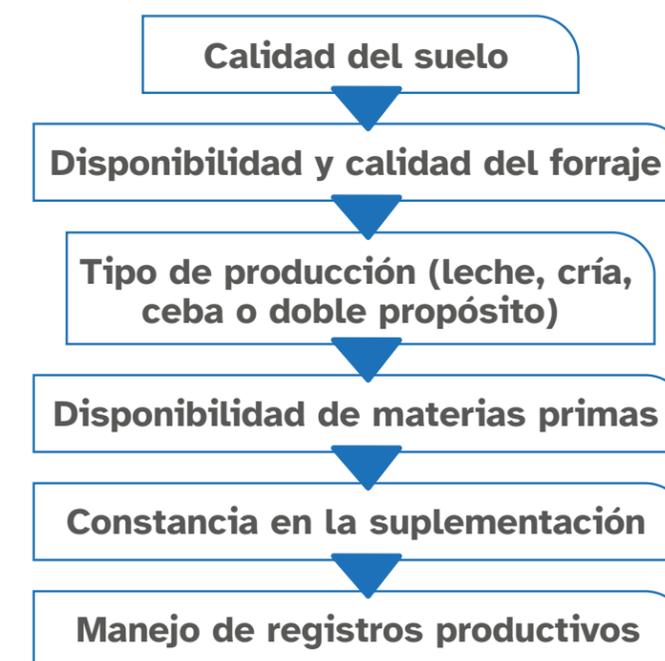


Figura 36. Aspectos para la implementación de una alternativa nutricional.

• **Henificación**

Sobre esta alternativa de nutrición y alimentación no se profundizará, teniendo en cuenta que en nuestra región las condiciones ambientales no favorecen este proceso; sin embargo, es importante tener en cuenta la utilización del producto final, el heno. El heno es un alimento seco con altos niveles de nutrientes, dependiendo de la especie forrajera utilizada, que es suministrada en forma de fardo (figura 37) con un peso comercial entre 12 y 14 kilogramos. El heno es frecuente encontrarlo en los diferentes sistemas de producción pecuaria de manera directa en el corral, pesebrera o en la pradera (Giordano, 2013).

Figura 37. Fardo de heno.



• **Silaje**

Es un alimento obtenido a partir de la fermentación en condiciones anaeróbicas, que garantizan la conservación del forraje. Puede ser suministrado a los animales en un tiempo de 25 a 30 días. Su almacenamiento puede hacerse en bolsas plásticas calibre 7 (Figura 38), tambor plástico de 208 litros (Figura 39) o en silo en concreto (Figura 40), dependiendo de la disponibilidad económica de productor (Condori et al., 2019).

Figura 38. Bolsa plástica.



Figura 39. Tambor plástico.



Figura 40. Silo trinchera.



De acuerdo con la FAO (2005), el silaje se elabora a partir de pasto de corte y aditivos que complementan su calidad nutricional. El suministro depende de la etapa productiva del animal (tabla 13). A continuación, se relaciona el procedimiento para tener en cuenta para la elaboración del silaje:





5. Empacado



5.1 Empacado

Algunos silajes hechos y utilizados en el departamento de Caquetá:

- Pasto de corte (Imperial) + melaza + palmiste
- Pasto de corte (King Grass) + melaza + harina de maíz
- Pasto de corte (Maíz) + melaza
- Pasto de corte (Cuba 22) + melaza + harina de maíz
- Pasto de corte (King Grass) + botón de oro + melaza
- Pasto de corte (Cuba 22) + nacedero + melaza



6. Producto final - Silo

Tabla 13. Cantidad de silaje por proporcionar a cada animal

Clasificación	Cantidad (Kilos)
Vacas en producción de leche	20 - 30
Vacas horras	10 - 20
Novillas	10 - 15
Terneras	5 - 10

Fuente: Modificado de FAO, (2005).

• **Bloque multinutricionales (BMN)**

Es un alimento obtenido de la mezcla de varios nutrientes altamente asimilables, lo cual proporciona principalmente energía y minerales, con el objetivo de mitigar la falta de estos en la dieta del bovino. La elaboración se puede hacer con una gran variedad de insumos, recomendando los que están disponibles en la región. A continuación, se relaciona el procedimiento para la elaboración de un BMN y algunas fórmulas utilizadas en el departamento de Caquetá.

1. Compra de insumos (Figura 37)
2. Pesar y realizar los cálculos de acuerdo con la cantidad a preparar.
3. Habilitar un espacio amplio y aireado
4. Mezclar todos los elementos sólidos, como minerales, harina, cal, etc.

Figura 41. Compra de insumos



Figura 42. Mezcla de los elementos sólidos



5. Mezclar la miel de purga y úrea o leguminosa disponible en la finca

Figura 43. Mezclar la miel de purga y leguminosa



6. Agregar la miel de pulga y la urea o leguminosa con la mezcla de los elementos sólidos



Figura 44. Adición de la miel de pulga y leguminosa con la mezcla de los elementos sólidos.

8. Recipiente para moldear (balde plástico, caja en madera o molde para hacer ladrillos) y agregar el producto de la mezcla y prensar.



Figura 46. Moldeamiento y prensado

7. Mezclar todos los ingredientes, garantizando una buena homogenización.



Figura 45. Homogenización de todos los insumos

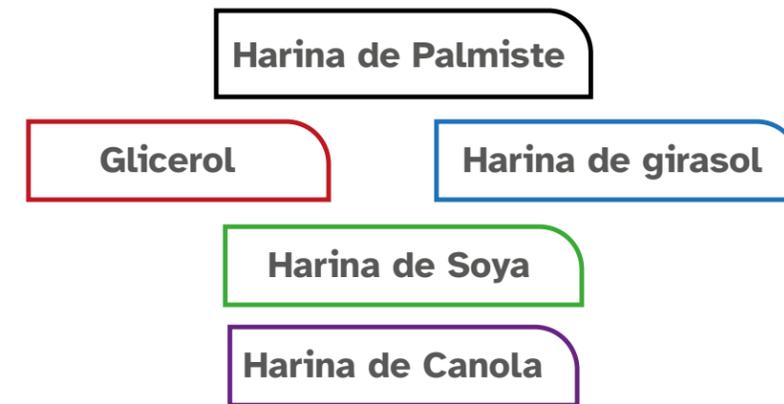
9. Producto final – Bloque multinutricional.



Figura 47. Bloque multinutricional.

- **Grasas sobre pasante o protegidas**

Es una alternativa de alimentación y nutrición muy importante, teniendo en cuenta que este elemento es ingerido por el animal y no sufre ningún proceso metabólico en el rumen. Este alimento es aprovechado en un alto porcentaje en el abomaso, y garantiza una muy buena fuente de nutrientes. Sin embargo, presenta limitantes, debido a que la gran mayoría son insumos que requieren ser comprados, de manera que se convierten en un gasto adicional para el sistema de producción. Las grasas sobre pasante están conformadas principalmente por el ácido linoleico, elemento que no es producido de manera natural por el animal; por lo tanto, la única forma es suministrarlo en la dieta alimenticia. A continuación, se mencionan algunas fuentes de alimentos:



Glicerol

Es un elemento obtenido a partir de la reacción química del aceite de palma que modifica el ácido graso y la cadena de glicéridos. Es rico en energía, aporta 3.5 megacalorías por kilo, casi igual a la energía que aporta un kilo de maíz, pero con un precio más favorable para el productor. Adicionalmente, en comparación con la melaza, el glicerol aporta un 25 % más de energía, y su manejo es más sencillo, dada su textura (Castrillón, 2014). Se puede suministrar a vacas una semana antes del parto y dos semanas después, o incluso por más tiempo, pero se les debe facilitar un periodo de acostumbramiento. Este acostumbramiento empieza con 250 mililitros (ml) en la primera semana, una semana después incrementar a 500 ml y así sucesivamente hasta llegar al 1000 ml. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el exceso puede causar trastornos fisiológicos, y por ende, una repercusión en la salud del animal. Por lo tanto, se recomienda suministrar solo hasta 500 ml por vaca. En el departamento de Caquetá es poca la investigación que existe al respecto, sin embargo, se ha ido incursionado en su uso.

- **Cultivo hidropónico**

Es la siembra de semillas de especies forrajeras de cualquier variedad en recipientes, es decir, sin necesidad de suelo, con el objetivo de obtener un alimento en un periodo de 12 a

14 días con un porcentaje de proteína de entre 16 % y 17%. Es un alimento aprovechado en el 100 % y con buena palatabilidad.

El objetivo del cultivo hidropónico es mitigar el uso de concentrado y disminuir costos de producción. A continuación, se explica cómo obtener este cultivo:

- Seleccionar la semilla del forraje por reproducir; por lo general, es maíz de cualquier variedad, y de 500 gramos de maíz se puede obtener entre 4 a 5 kilos de forraje verde.
- Desinfectar la semilla en cloro y agua en relación de 1 ml de cloro x 1 litro de agua en un recipiente (balde); todo lo que quede en la superficie del agua, se elimina utilizando un colador.
- Se deja por 15 minutos en el agua con cloro, con el objetivo de eliminar patógenos que puedan alterar el crecimiento y desarrollo del forraje.
- Posteriormente, se elimina el agua con cloro y se hacen dos lavadas solo con agua para eliminar la presencia del cloro.
- Dejar la semilla en remojo por 12 horas; el agua debe quedar al nivel de la semilla, esto hidrata la semilla y garantiza una buena germinación.
- Sacar la semilla y dejarla en una superficie plana para permitir el secado por un periodo de otras 12 horas.
- Colocar la semilla en un recipiente o bandejas de 40 de ancho x 60 de largo x 5 centímetro (cm) de alto para la formación del tapete (forraje)
- Realizar el tapado de la bandeja con un costal o bolsa negra, esto se hace con el fin de simular las condiciones en la tierra (oscuridad, como si la semilla se enterrara de una manera normal). La ausencia de luz estimula a la semilla hacia arriba en búsqueda de la luz solar.
- Se lleva a un invernadero artesanal encerrado con poli sombra para evitar el ingreso de aves que dañen el cultivo.
- Después del segundo día se revisa; la semilla ya debió haber germinado, por lo tanto, se empieza el riego mínimo 3, máximo 8 veces al día, dependiendo del calor, en un periodo de crecimiento de 12 a 14 días.
- Suministrar el forraje a los animales.

- **Concentrado**

Es un alimento balanceado que contiene los nutrientes necesarios para el funcionamiento y mantenimiento de las prioridades que tiene el bovino. Viene en presentación de pellet o polvo y en diferentes porcentajes de proteína. El exceso de este produce acidosis, una alteración fisiológica que produce pérdidas en la producción bovina. La cantidad por animal está supeditada a la cantidad de leche que produce la vaca; sin embargo, de manera general se puede suministrar 1 kg por cada 4 o 5 litros de leche. Una limitante del uso del concentrado es el elevado costo que este tiene en el comercio agropecuario.

- **Snacks o pasabocas**

Son fuente de alimentación obtenido de comestibles (figura 48) que inicialmente son para el hombre, pero que no llegan al consumidor final por defectos en el procesamiento o porque no cumplen con los parámetros de calidad o no son consumidos en las fechas de vigencia del producto. Este tipo de alimentación ha sido cuestionado por algunos sectores de la población, pero también aplaudido por otros que ven una alternativa de alimentación que mitiga la contaminación ambiental y mejora las propiedades organolépticas de la carne y la leche. Lo que sí debe quedar claro es que son muy ricos en carbohidratos, que se transforman en energía para el animal y esto incrementa los indicadores productivos en la finca. A continuación, se mencionan algunos snacks o pasabocas:

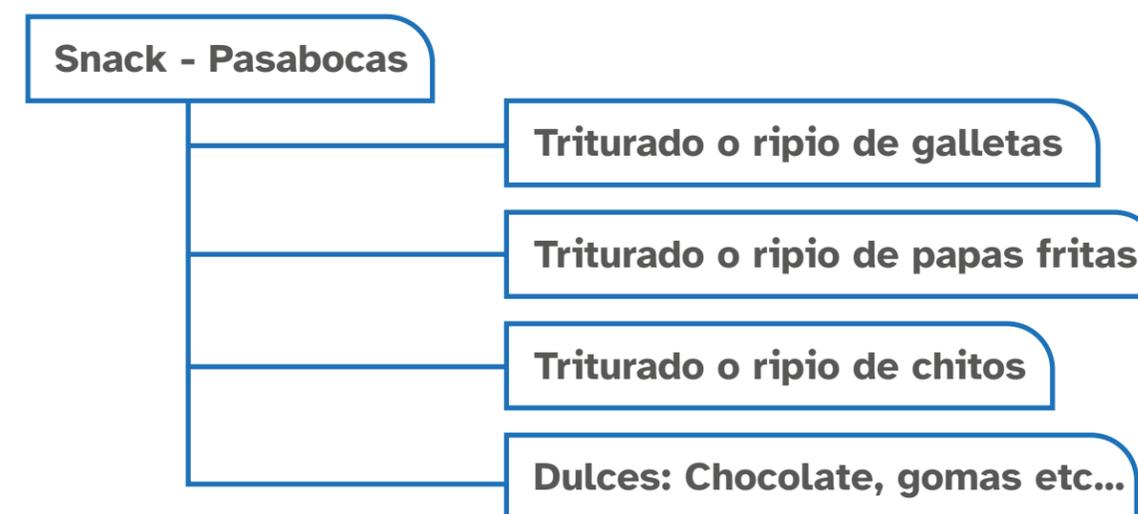


Figura 48. Algunos snacks utilizados en la alimentación bovina.

3.6 ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN DE ACUERDO CON LA FASE DE PRODUCCIÓN

La alimentación y nutrición es el principal pilar que tiene efecto directo en el desempeño reproductivo en los semovientes, pues la reactivación ovárica y el inicio de la fase de gestación son actividades de menos prioridad por parte de los nutrientes. Es decir, estas funciones serán impulsadas solo cuando los requerimientos de nutrientes para sostenimiento, desarrollo y reserva sean satisfechos (Granja, Cerquera y Fernández, 2012).

La dieta por suministrar a los animales está sujeta a modificaciones, teniendo en cuenta la cantidad y calidad del forraje disponible en la unidad productiva, así como el tipo y manejo de producción (leche, ceba o doble propósito), la disponibilidad de insumos (concentrado, sales mineralizadas etc.) y las condiciones ambientales presentes en la región, sin olvidar el criterio del profesional.

Para conocer y entender un poco la importancia de la fase de producción es relevante tener en cuenta los siguientes conceptos:

Sistema digestivo: hace referencia al conjunto de órganos que influyen en la toma del alimento, masticación, digestión y adsorción de este.

Monogástrico: sistema digestivo conformado por una cavidad simple llamada estómago. El sistema de estos animales está conformado por: boca, faringe, esófago, estomago, intestino delgado, intestino grueso, recto y ano.

Poligástrico: sistema digestivo de aquel organismo que está conformado por varias cavidades llamadas retículo (redcilla), rumen (panza), omaso (librillo) y abomaso (cuajar o verdadero estómago). Así, el sistema de estos animales está conformado por: boca, faringe, esófago, retículo, rumen, omaso y abomaso, intestino delgado, intestino grueso, recto y ano.

Calostro: Es la primera segregación de líquido generado por la glándula mamaria en el momento del parto, que se caracteriza por contener altos niveles carbohidratos, proteína, vitaminas, minerales e inmunoglobulinas, encargadas de proteger a la cría (ternero) de agentes infecciosos (bacterias, virus y hongos).

Crecimiento: aumento de peso obtenido por los animales desde el nacimiento hasta alcanzar la edad adulta.

Desarrollo: modificaciones en la proporción, conformación, composición química corporal y funciones fisiológicas del animal a medida que avanza la edad.

Precocidad: facultad de los organismos animales de ver, oír, ponerse en pie y demás funciones propias de un animal adulto, pero que presentan desde el nacimiento.

Ciclo productivo: tiempo para el desarrollo de todas las fases de producción (cría, levante vientre, horro y producción) con la finalidad de generar un producto, principalmente leche y carne.

A continuación, se describen las fases o etapas que conforman un ciclo de producción:

Iniciación: desde el nacimiento hasta los 5 o 6 meses de edad, donde el animal debe empezar a desarrollar todas las partes de organismo, principalmente adaptar el sistema digestivo al proceso de la rumia, teniendo en cuenta que al inicio es monogástrico y el reto está en crear las condiciones nutricionales para convertirlo en poligástrico (rumiante). Lo anterior se logra incluyendo forraje (fibra) y alimentos sólidos desde temprana edad, lo cual permite activar el proceso fisiológico normal y obligar al organismo animal a trabajar correctamente e ir creando las condiciones con el objetivo de empezar una fase inicial adecuada, partiendo de la premisa de que estos animales son el futuro de la unidad productiva.

Levante: va desde los siete meses de edad hasta dos meses antes del empezar la fase de producción (parto). Es la etapa donde se requiere seguir suministrando los nutrientes para fortalecer el trabajo realizado en la etapa de iniciación; es importante, siempre tener en cuenta que todas las fases son relevantes y una depende de la otra.

Preparto: fase de novilla preñada hasta el momento del parto, donde se va a reflejar el éxito y el deber cumplido en las fases anteriores, esto con el fin de evitar enfermedades y alteración en el organismo del animal y facilitar las condiciones para sostener el factor reproductivo en el tiempo.

Producción: Es la fase desde el momento del parto hasta que empieza el proceso de secado de la vaca. Es importante dejar claro que la producción de leche empieza unos días antes, sin embargo, el indicador productivo de leche se empieza a medir desde el momento en que se ordeña el animal para la venta de la leche. Lo ideal es comenzar el secado desde el séptimo mes posparto, con el fin de garantizar éxito en la etapa de recuperación del animal y una nueva fase de producción.

Tabla 14. Concentración de nutrientes requerida en la dieta de vacas lecheras multíparas en distintas etapas de lactancia y vacas secas (tres semanas preparto)

Nutriente	Etapa de lactancia			Vacas secas próximas
	Temprana	Media	Tardía	
Proteína cruda (%)	17 - 18	16 - 17	15 - 16	13 - 14
Proteína no degradable en el rumen (% de proteína cruda)	35 - 40	30 - 35	25 - 30	30 - 35
*ENL (Mcal/Kg Ms)	1,60 - 1,65	1,55 - 1,60	1,50 - 1,55	1,40 - 1,45
*FDN Total (%)	28 - 32	33 - 35	36 - 38	38 - 45
*FDN Forraje (%)	21 - 24	25 - 26	27 - 28	28 - 30
Calcio (%)	0,8 - 1,0	0,8 - 0,9	0,7 - 0,8	0,4 - 0,7
Fósforo (%)	0,4 - 0,5	0,4 - 0,5	0,4	0,30 - 0,35
Magnesio (%)	0,30 - 0,35	0,25 - 0,30	0,25 - 0,30	0,20 - 0,30
Sodio (%)	0,3 - 0,4	0,3 - 0,4	0,3 - 0,4	0,10 - 0,15
Azufre (%)	0,25	0,25	0,2	0,2

Fuente: Gallo, 2020. *ENL: Energía neta de lactación, *FDN: Fibra detergente neutra.

Tabla 15. Alguna dieta alimenticia de acuerdo con la fase de producción

Fase del ciclo de producción	Alimento principal	Concentrado (% Proteína cruda)	Minerales y energía	Vitaminas	Agua
Iniciación	Leche: entre 2 a 4 litros, 1 litro de leche por día por cada 10 a 12 Kg, o entre el 8 a 10 % de su peso corporal. Forraje: Voluntad (potrero o corral)	Entre el 16 a 18 % hasta el 1 % en relación con el peso del animal	Sal entre 4 al 5 % o BMN a voluntad	Inyectada u oral cada 3 meses	Siempre disponible en el potrero y corral
Levante	Forraje: Siempre está disponible (potrero y/o corral) entre el 12 a 15 % relación al peso del animal	Entre el 14 a 16 % desde el 1 al 1.5 % en relación con el peso del animal	Sal 5 % o BMN a voluntad	Inyectada cada 4 meses	Siempre disponible en el potrero y corral
Preparto		14 % hasta el 1 % en relación con el peso del animal	Sal entre 7 al 10 %	Inyectada cada 4 meses	Siempre disponible en el potrero y corral
Producción		Entre el 12 al 18 %, 1 kg por cada 5 hasta 10 litros de producción de leche	Sal al 10 % grasa sobre pasante, glicerina o melaza	Inyectada cada 4 meses	Siempre disponible en el potrero y corral

Tabla 16. Consumo de sal mineralizada de acuerdo con la fase de producción:

Fase de producción	Consumo en gramos por animal/día
Terneros	10 a 15
Levante	50 a 70
Vaca de cría	80 a 100
Vaca en producción	150 a 180
Novillo	40 a 60

Tabla 17. Otras dietas alimenticias de acuerdo con la edad crecimiento.

Edad del animal	Alimento principal	Concentrado (% Proteína cruda)	Minerales y energía	Sal proteinada	Agua
3 a 6 meses de nacido	Forraje: Voluntad (potrero o corral)	Entre el 16 a 18 %, a ración de 2 kg/animal.	Sal entre 4 %, en ración de 10 a 15 gr/animal	NO SE SUMINISTRA	Siempre disponible en el potrero y corral a voluntad
Levante (6 a 12 meses)	Forraje: Voluntad (potrero o corral)	Entre el 14 a 16 %, a ración de 1 kg/animal.	Sal entre 4 al 5 % en ración de 10 a 50 a 70 gr/animal	100 gr/animal	Siempre disponible en el potrero y corral a voluntad
12 meses hasta 2 meses antes del parto	Forraje: Voluntad (potrero o corral)	14 % a ración de 1kg/animal	Sal entre 7 al 10 % a ración de 80 a 100 gr/animal	200 gr/animal	Siempre disponible en el potrero y corral a voluntad
Cuando salen para el lote horro	Forraje: Voluntad (potrero o corral)	NO SE LE SUMINISTRA	Sal entre 7 al 10 % a ración de 80 a 100 gr/animal	NO SE SUMINISTRA	Siempre disponible en el potrero y corral a voluntad

Tabla 18. Prioridades nutricionales en diferentes estados fisiológicos.

Requerimiento	Mantenimiento	Crecimiento	Producción	Reproducción
Estado fisiológico				
Ceba	X		X	
Levante	X	X	X	
Cría	X	X		
Doble propósito	X	X	X	X

Fuente: Gallo, 2020



3.7 IMPORTANCIA DE ESTIMAR EL CONSUMO FORRAJERO EN EL GANADO BOVINO Y PROYECCIÓN DE POTREROS

Para tener un adecuado manejo del forraje presente en las pasturas es importante conocer las especies forrajeras en cantidad y calidad. Para ello, se debe partir por determinar y estimar la oferta forrajera, materia seca, manejo rotacional y períodos de descanso en las praderas.

A continuación, se describen algunos conceptos relacionados a lo planteado en el presente apartado:

Bromatología: ciencia que estudia la estructura y el contenido nutricional del forraje.

Consumo de forraje: acción de ingerir o tragar una especie vegetal por el animal, este se determina de acuerdo con el peso corporal, el cual es del 10 al 15 % sobre el forraje verde (FV); en materia seca es del 2,5 al 3,5 %.

Área de pastoreo: superficie o área terrestre donde hay disponibilidad del estrato herbáceo para la alimentación bovina.

Aforo de pastura: método práctico para determinar y cuantificar la disponibilidad de forraje en un metro cuadrado (m²).

Carga animal: número de semovientes que pueden ser sostenidos en un área específica, en un periodo de ocupación y descanso sin causar deterioro de la pastura.

Unidad de gran ganado – UGG: término que representa los requerimientos nutritivos de una vaca de 450 kg de peso vivo o un novillo de 500 kg de peso vivo.

Capacidad de carga: capacidad que tiene un potrero, determinada por la productividad de forraje, su composición botánica y su estado o condición.

Ajuste de carga animal: número de semovientes que pueden ser sostenidos en un área con disponibilidad de forraje, en un periodo de ocupación y descanso sin causar deterioro de la pastura. Lo anterior se realiza de acuerdo con la fase de producción (terneros, levante, vientre o producción) y las condiciones ambientales.

Cómo realizar aforo en la pradera

Materiales

- Marco de 1m x 1m en PVC
- Tijera metálica
- Bolsa para depositar el forraje (rotulada)
- Balanza gramera
- Calculadora

Pasos para realizar un aforo en una pastura.

- a. Tener en cuenta el área del potrero en el cual se realizará el aforo.
- b. Lanzar el marco 10 veces, puede ser al azar o en movimiento de zigzag.
- c. En cada lanzamiento se delimita el forraje para garantizar el forraje disponible dentro del marco.
- d. Realizar el corte del forraje a una altura de 20 centímetros (cm), esto garantiza que material vegetativo verde sigan con el proceso de la fotosíntesis, evitar tomar el 100 % del tallo y generar condiciones para una pronta recuperación de la pastura.
- e. Almacenar el forraje cortado en una bolsa plástica previamente rotulada.
- f. Pesaje del forraje recolectado en una balanza gramera.
- g. Dato del forraje disponible en un 1m²

Cómo realizar los cálculos para determinar el forraje disponible y el número de animales por introducir en el potrero.

Tener en cuenta:

- Área efectiva de pastoreo (AEP)
- Variedad de forraje
- Pérdida forrajera (Pisoteo, defecación, orina y descanso)
- Aforo metro² (m²)
- Peso promedio lote de animales
- Unidad de gran ganado UGG
- Consumo de forraje de acuerdo con el peso vivo por animal
- Consumo de materia seca de acuerdo con el peso vivo por animal
- Periodo de ocupación
- Periodo de descanso

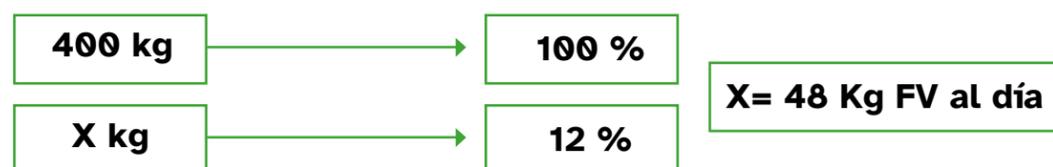
1.1 Ejemplo:

- Área efectiva de pastoreo (AEP): 15 hectáreas (ha)
- Variedad de forraje: *Brachiaria de Cumbens*



- Pérdida forrajera verde (FV) (Pisoteo, defecación, orina y descanso): 20 al 30 %
- Aforo m²: 1.12 kilogramos (kg)
- Peso promedio lote de animales: 400 kg PV
- Unidad de gran ganado UGG: 450 kg de peso vivo (PV)
- Consumo de FV de acuerdo con el peso vivo por animal: 12 al 15 %
- Consumo de materia seca (MS) de acuerdo con el peso vivo por animal: 2 al 3.5 %
- Periodo de ocupación: 3 días.
- Periodo de descanso: Ciclo largo como el *Brachiaria decumbens* (entre 40 y 45 días) y ciclo corto como el *Brachiaria Humidicola* entre 21 y 25 días).

Vamos a trabajar sobre el porcentaje de FV, por lo tanto, un bovino de 400 kg de PV debe tener disponible: 60 kg.



Trabajaremos con el *Brachiaria decumbens* con un periodo de recuperación de 45 día + 3 días de ocupación, en total, será de 48 días el ciclo en que trabajaría el pasto.

Vamos a determinar el número de potreros que necesitamos en nuestra unidad productiva de acuerdo con el ciclo total del forraje.

Tener en cuenta la siguiente fórmula:

$$\text{Número de potreros: } \frac{\text{Días de descanso}}{\text{Días de ocupación}}$$

$$\text{Número de potreros: } \frac{45}{3} + 1 = 16 \text{ potreros}$$

Necesitaríamos 16 potrero para garantizar el ciclo de producción de la pastura.

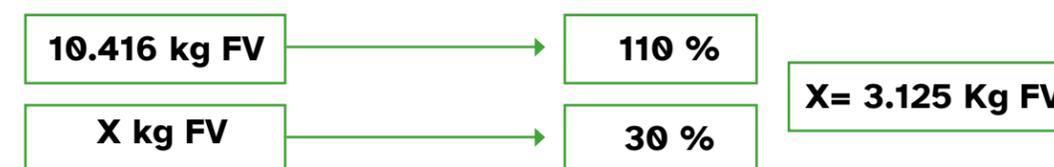
$$\text{AEP: } \frac{15}{16} = 0.93 \text{ ha /potreros}$$

Teniendo en cuenta el AEP, necesitamos dividir en 16 potreros con un área de 0.93 hectárea. Luego, debemos estimar la cantidad de FV disponible en el potrero de una ha, entonces sería:

Nota: Recordemos que una ha tiene 10.000 m²

$$9.300 \text{ m}^2 \times 1.12 \text{ kg} = 10.416 \text{ kg FV/ potrero}$$

Posteriormente, se debe estimar la pérdida de forraje FV por (Pisoteo, defecación, orina y descanso): 30 %



La pérdida de forraje es de 3.125 kg FV por potrero.

$$\begin{array}{r} 10.416 \text{ kg FV} \\ - 3.125 \text{ kg FV} \\ \hline 7.291 \text{ kg FV} \end{array}$$

Entonces, en realidad son 7.291 kg de FV disponible en cada uno de los potreros utilizados por animales.

Ahora bien, si debemos estimar cuál es el consumo de FV de un bovino en los 3 días de ocupación, entonces sería: 48 kg de FV X 3 días de ocupación = 144 kg de FV/animal.

Ahora, determinamos la capacidad de carga del potrero, para ello, necesitamos la siguiente fórmula:

$$\text{Carga animal: } \frac{\text{Forraje verde disponible}}{\text{Consumo por animal}}$$

Entonces:

$$\text{Carga animal: } \frac{7.291 \text{ Kg FV}}{144 \text{ kg FV}} = 50 \text{ animales/potreo, en las 15 ha.}$$

En otras palabras, la cantidad de animales que puede estar en un período de tres días de ocupación en el potrero parecería ser de 50 bovinos. Sin embargo, no podemos concluir este ejercicio con el número de animales, pues necesitamos además pasar esta cantidad de animales a una unidad de medida que se le denomina unidad de gran ganado (UGG), que para el territorio nuestro está estimado en 450 kg de PV en vacas.

Para este ejemplo vamos a calcular cuántos kg tendríamos de animales en la unidad productiva,

Entonces: 50 animales x 400 kg = 20.000 kg, luego se divide en la UGG, o sea en 450 kg, el cual nos arroja 44.4 UGG soporta la unidad de producción.

Conclusión:

En un sistema de ganadería donde tenemos un pasto *Brachiaria decumbens* con un período de ocupación de tres días, con 45 días de descanso y una producción de FV de 1.12 kg por m², se pueden sostener 44.4 UGG en 16 potreros, con una capacidad de carga de 2,96 UGG/ha.

• **Iniciación - terneros**

Tabla 19. Manejo nutricional en la fase de iniciación.

Edad del ternero	Cantidad de leche	Concentrado	Sal mineralizada	Agua
Nacimiento al día 3	4 litros, 2 en la mañana y 2 en la tarde	Siempre disponible voluntad al 18 % de proteína	Siempre disponible (voluntad) al 7 %, iniciando con 10 a 20 gramos	Siempre disponible (voluntad)
Del día 4 a 10	6 litros al día, 3 en la mañana y 3 en la tarde			
Del día 11 a 49	8 litros al día, 4 en la mañana y 4 en la tarde			
Del día 50 a 56	4 litros, 2 en la mañana y 2 en la tarde			

Luego de dos meses, se desparasitan, se les aplican vitaminas y oxitetraciclina y se envían a pastoreo con suministro de concentrado dos veces al día hasta los doce meses de edad.

• **Levante**

Pasto y agua a voluntad en el potrero, adicionalmente dos kg diarios concentrado hasta los doce meses de edad. Después, el manejo cambia y la alimentación es a base de sal mineralizada al 7% y forraje disponible en el potrero.

• **Preparto**

15 días antes del parto se suministra 1 kg de concentrado al 18% por cada 10 litros de posible producción de leche de la vaca. Para este manejo se debe conocer y tener registro de la producción láctea de cada animal, más sal mineralizada al 7% y agua a voluntad.

• **Producción**

Suministro de concentrado al 18%. La ración depende de la producción láctea de cada vaca; la cantidad se determina sobre 30% del total por día y se ajusta cada ocho días. Adicionalmente, FDN Nutri Fibra (energía) dos kilogramos en el día, sal y agua a voluntad al 7%.

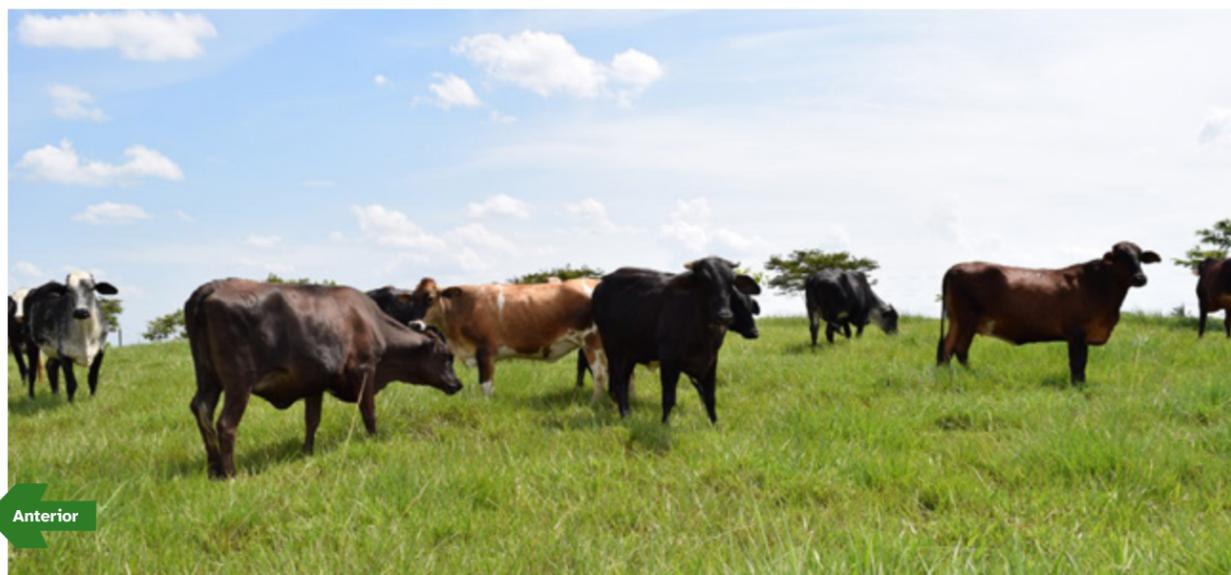
A las novillas de primer parto se les agrega un kilo de concentrado sobre el 30% de la producción de leche día.

3.8 DIETAS ALIMENTICIAS UTILIZADAS EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ (Estudio de caso)

Algunas dietas balanceadas utilizadas en el departamento de Caquetá

Manejo nutricional en la Ganadería el Rubí, Florencia – Caquetá.

Tipo de producción: doble propósito, con doble ordeño y sin ternero.



Manejo nutricional en la Ganadería “El Porvenir”, Belén de los Andes - Caquetá.

Tipo de producción doble propósito, doble ordenó sin ternero.

- **Iniciación - terneros**

La ganadería el provenir tiene un manejo de acuerdo con el tipo de reproducción por transferencia de embriones o convencional (inseminación o monta natural):

Por transferencia de embriones

La alimentación es a base de leche. Al nacimiento garantizan la toma del calostro y asignan dos terneros por vaca receptora, a toda leche; adicionalmente, concentrado al 18 % en la mañana y tarde, sal mineralizada al 7 % y agua a voluntad.

Figura 49. Lote fase de iniciación.



Convencional

La alimentación es a base de leche, al nacimiento garantizan la toma del calostro y se destetan de la mamá (vaca), y luego son asignados a una vaca nodriza que tiene la capacidad para alimentar entre tres y cuatro terneros, dependiendo de la producción de leche. Adicionalmente suministran concentrado al 18 %, sal mineralizada al 7 % y agua a voluntad.

Después de los dos a tres meses se envían al potrero con las vacas, donde tiene leche, pasto y sal mineralizada a voluntad.

- **Levante**

En la fase de levante, la alimentación es a base de forraje disponible en el potrero, agua y sal mineralizada al 7 %.

Figura 50. Lote fase de levante.



- **Preparto**

Sal mineralizada al 10 %, 400 gramos concentrado al 18 %, pasto y agua disponible en el potrero.

- **Parto**

Sal mineralizada al 10 %, 800 a 1000 gramos concentrado al 18 %, pasto y agua disponible en el potrero.



Figura 51. Lote fase de producción.

Manejo nutricional en la Unidad productiva bovina en CIMAZ - Macagual, Florencia, Caquetá, producción doble propósito con doble ordeño, con ternero

Tipo de producción doble propósito, doble ordeño con ternero.

- **Iniciación**

La alimentación del ternero hasta los 4 meses es a base leche, sal mineralizada al 4%, pasto y agua disponible en el potrero.

- **Levante**

En la fase de levante, la alimentación es a base de forraje disponible en el potrero y sal mineralizada al 6%.



Figura 52.
Semovientes en fase de levante.

- **Preparto**

Las vacas son tenidas en el potrero de maternidad y la alimentación es a base de forraje disponible en el potrero, concentrado al 18%, sal mineralizada al 10% y agua a voluntad.

- **Parto y producción**

Sal mineralizada al 10%, concentrado al 18% en ración de 1 kg por cada 5 Kg de producción de leche, pasto y agua disponible en el potrero.



Figura 53. Consumo de agua a voluntad.

Figura 54. Lote fase de producción.



Figura 55. Lote vacas de producción, en pastoreo.



BIBLIOGRAFIA

Almeyda M José y Parreño R Juan. 2011. Manejo integrado de ganado vacuno. Guía técnica curso – taller. Universidad Nacional Agraria la Molina - Oficina Académica de Extensión y Proyección Social Agrobanco. Majes – Caylloma – Arequipa, Perú. Encontrado en: <https://cutt.ly/2bHqRpU>

Argel M., Pedro J.; Miles, John W.; Guiot García, Jorge David; Cuadrado Capella, Hugo; Lascano, Carlos E. 2007. Cultivar mulato II (Brachiaria híbrido CIAT 36087) : Gramínea de alta calidad y producción forrajera, resistente a salivazo y adaptada a suelos tropicales ácidos bien drenados. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 22 p. Encontrado en: <https://n9.cl/r3146>

Anrique G, René. (2014). Composición de alimentos para el ganado bovino. Consocio lechero – La cadena láctea de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. ISBN N° 978-956-8765-04-0 Ed. 4. Encontrado en: <https://cutt.ly/qbADh6r>

Anzola V, Héctor; Durán M, Héctor; Rincón S, Juan Camilo; Martínez R, John Leonardo; and Restrepo V, Juan. (2014) “El uso eficiente de los forrajes tropicales en la alimentación de los bovinos,” Revista Ciencia Animal: No. 7, Article 8. Disponible en: <https://cutt.ly/JbGc2tE>

Araya, M. Boschini, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de Pennisetum purpureum en la meseta central de Costa Rica. AGRONOMÍA MESOAMERICANA 16(1): 37-43.

Ariza, Rodrigo. (1986). Reseña sobre el Kudzú Tropical (Pueraria phaseoloides). Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Departamento de producción animal. Turrialba – Costa Rica. Encontrado en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5423e/A5423e.pdf>

Azcón-Bieto, J.; Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª Ed. Publicacions i Edicions. Universitat de Barcelona. Encontrado en: <https://cutt.ly/XbF0p7F>

Bittman, S. Schmidt, O. y Cramer, T. (1999). Advanced Forage Management. Pacific Field Corn Association. Fraser Valley Custom Printers, Chilliwack, BC. Canadá. 92 p. Disponible en: <https://farmwest.com/node/1030>

Boschma S P; Lollback M L; Rayner A J. (2010). Tropical perennial grasses – pasture quality and livestock production. PRIMEFACT FOR PROFITABLE ADAPTIVE AND SUSTAINABLE PRIMARY INDUSTRIES. Encontrado en: <https://cutt.ly/0bF6HhL>

Cabrera Núñez, Amalia, Lammoglia Villagomez, Miguel, Alarcón Pulido, Sara, Martínez Sánchez, César, Rojas Ronquillo, Rebeca, & Velázquez Jiménez, Saw. (2019). Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. Abanico veterinario, 9, e913. Encontrado en: <https://n9.cl/xjkui>

Carulla, J. E. y Ortega, E. (2016). Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 24(2), 83-87. Recuperado de <https://n9.cl/hsz5v>

Castañeda, N. Álvarez, F. Arango, J. Chanchy, L. García, G. Sánchez, V. Solarte, A. Sotelo, M. Zapata C. 2016. Especies vegetales útiles para sistemas silvopastoriles del Caquetá, Colombia. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH; Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 84 p. Encontrado en: <https://n9.cl/ohovt>

Castellanos, L., Oliva, J., Granados, L. y Quiro, J. (2016). Antecedentes de bovinos productores de leche en el estado de Tabasco: Ganado Pardo suizo, Gyr y F1 Holstein x Gyr. Temas de Ciencia y Tecnología, 20(60), 3-12. Recuperado de <https://n9.cl/1mp7>

Castrillón, Diego. (2014). Glicerol: alternativa energética y de bajo costo para su ganado. Contexto ganadero. Disponible en: <https://n9.cl/uu4vj>

Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1997). Gramíneas y leguminosas tropicales: Optimización de la diversidad genética para usos múltiples (Proyecto IP – 5). Documento de trabajo no 174. 112p. Encontrado en : <https://n9.cl/o7jwr>

Ciria, J. Villanueva, Ramon. Ciria, J. (2005). Avances en nutrición animal en ganado bovinos. IX Seminario de pastos y forrajes. Disponible en: <https://n9.cl/4rllv>

Correa O Adriana y Uribe V Luis Fernando. (2010). La Condición Corporal Como Herramienta Para Pronosticar el Potencial Reproductivo en Hembras Bovinas de Carne. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 63(2): 5607-5619. Encontrado en: <https://cutt.ly/ybGGP4B>

Condori Q R; Loza M, Manuel; Achu N, Cristóbal; Alberto A, Huber. (2019). Calidad del ensilaje de avena forrajera (Avena sativa L.) conservado en tres diferentes tipos de silos artesanales. Journal of the Selva Andina Animal Science, vol. 6, núm. 2, 2019, pp. 57-65 Selva Andina Research Society Bolivia. Encontrado en: <https://n9.cl/57z7a>

Cruz J Sebastián y Betancourt M Diana. (2018). Estado del arte de la exportación de carne bovina en Colombia, y reglamentación sanitaria exigida por algunos países importadores del continente asiático. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Escuela de ciencias agrícolas pecuarias y del medio ambiente. Tesis. Fusagasugá – Colombia. Encontrado en: <https://n9.cl/iyp2f>

Cruz, A., Cruz, C., Lezama, R., Vitela, I. y Angel, C. (2015). Selección de aislados de hongos entomopatógenos para el control de rhipicephalus microplus (acari: ixodidae). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 18(2), 175-180. Recuperado de <https://n9.cl/bzpv7>

Chacón, P. Vargas, C. (2009). Digestibilidad y calidad del Pennisetum purpureum cv. King grass a tres edades de rebrote. agronomía mesoamericana 20(2):399-408.

Departamento Administrativo de Estadística [DANE], (2016). Ganadería bovina para la producción de carne en Colombia, bajo las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG). Boletín mensual INSUMOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. Número 44. Encontrado en: <https://n9.cl/qz2s9>



Demagnet Filippi Rolando. (2011). Conceptos Básicos en Praderas y Pasturas. Universidad de La Frontera. Encontrado en: <https://cutt.ly/zbF9LbY>

Domínguez G Tilo; Ramírez L Roque; Estrada C Andrés; Scott M Laura; González R Humberto *, Alvarado M. (2012). Importancia nutrimental en plantas forrajeras del Matorral Espinoso Tamaulipeco. Ciencia UANL / AÑO 15, No. 59. Encontrado en: <https://cutt.ly/7bFEZLt>

Edmondson A.J., Lean I.J., Weaver C.O., Farver T. and Webste G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J.Dairy Sci. 72:68-78

Federación Colombiana de Ganaderos-FEDEGAN. (2017). Cifras de referencia del sector ganadero colombiano [archivo pdf]. Recuperado de <https://n9.cl/w85qe>

Federación Colombiana de Ganaderos. (2009). *Lo que usted necesita saber sobre la leche en Colombia*. Bogotá. Recuperado de <https://n9.cl/zbki>

Federación Colombiana de Ganaderos FEDEGAN-SENA. (2013). *Costos modales en ganadería de leche, trópico alto de Colombia: ventana a la competitividad ganadera*. Bogotá, Colombia: Fondo Nacional del Ganado, Fedegan y Sena. Recuperado de <https://n9.cl/j0q8a>

Federación Colombiana de Ganaderos - FEDEGAN. (2010). *Federación Colombiana de Ganaderos, el hato nacional mejora la productividad*. Bogotá: Fedegan.

Federación Colombiana de Ganaderos. (2009). *Lo que usted necesita saber sobre la leche en Colombia*. Bogotá. Recuperado de <https://n9.cl/zbki>

Fernández Foren Andrea (2015) Restricción alimenticia en ovinos: respuesta endocrino-metabólica dependiente de las reservas corporales. Universidad de la República - Facultad de Veterinaria. Tesis doctoral. Encontrado en: <https://cutt.ly/DbGA8LN>

Ferrer C; Miguel S y Olea L. 2001. Nomenclátor básico de pastos en España. Vol. 31. Núm. 1. Pastos, XXIX (2), 7 - 44. Encontrado en: <https://cutt.ly/JbAVIrc>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2012) Establecimiento y manejo de pasturas mejoradas: la Brachiaria brizanta. No poverty, decent work and economic growth and life on land. Encontrado en: <https://n9.cl/7e8fo>

Gallo Marín, Jorge A. (2020) Requerimiento nutricionales de los bovinos. Conferencia Ganadería sostenible para Antioquia. Universidad de Antioquia. Conferencia. Encontrado en: <https://n9.cl/biv0m>

Giordano J M. (2013). Henificación. Evolución en la forma de trabajo, relacionado a la producción lechera y carne. Encontrado en: <https://n9.cl/4dh5m>

Gómez, J y Velásquez, J. (1999). Proceso integral de recuperación y manejo de praderas. Programa regional pecuario. Boletín técnico. CORPOICA. Florencia - Caquetá. Encontrado en: <https://n9.cl/5cfi1>

Gómez O Laura & Campos G Rómulo. (2016). Control del balance energético negativo y comportamiento productivo y metabólico en vacas doble propósito bajo suplementación energética. Revista de Investigación Agraria y Ambiental - Volumen 7 Número 1 - ISSN 2145-6097.

Gómez E. María; Rodríguez L; Murgueitio E; Ríos C; Méndez M; Molina C; Molina C; Molina E y Molina J. (2002). Árboles y arbustos forrajeros utilizados en la alimentación como fuente proteínica. Centro de Investigaciones en Sistemas Sostenible de Producción Agropecuaria. Encontrado en: <https://n9.cl/je71>

Granja, Y. Cerquera, J. Fernández, O. (2012). Factores nutricionales que interfieren en el desempeño reproductivo de la hembra bovina. Rev. Colombiana cienc. Anim. 4(2):458-472.

Herrero, M., Thornton, P. K., Notenbaert, A. M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H. A.,... Rosegrant, M. (2010). Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. Science, 327(5967), 822-825. Recuperado de <https://n9.cl/2d5i5>

Herrero, M., Thornton, P., Gerber, P., & Reid, R. (2009). Livestock, livelihoods and the environment: understanding the trade-offs. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1(2), 111-120.

Houghton, P.L., R.P. Lemenager, L.A. Horstman, K.S. Hendrix and G.E. Moss. 1990. Effects of body composition, pre- and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. Journal of Animal Science 68(5): 1438-1446.

ICA - Instituto Colombiano Agropecuario 2020. Censo pecuario nacional 2020. Censo bovino en Colombia. Encontrado en: <https://bit.ly/2RUsZV5>

Kabaleski, Carlos. (2013). Condición corporal en ganado de carne. Sitio Argentino de Producción Animal. INTA A.E.R. Caá Catí. 1 - 5. Encontrado en: <https://n9.cl/fc7yi>

Laredo C. Max. (1985). Tabal de contenido nutricional en pastos y forrajes de Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Encontrado en: <https://n9.cl/ohzk>

López J. Fredy. (2006). Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. Facultad de Ciencias Agropecuarias 78 Vol 4 No.1.

Mahecha, L., Gallego, L., & Peláez, F. (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), 213-225.

Maldonado, F. G. y Velásquez, J.E. 1990. Evaluación preliminar del manejo del pastoreo en asociación de gramíneas y leguminosas en el Piedemonte Caqueteño Amazónico de Colombia. Pasturas Trop. 16 (2): 2-8.



Meyer Fernández Aníbal. (2019). ¿Cuánta agua debe dar a un novillo o a una vaca lechera? Contexto ganadero. Encontrado en: <https://cutt.ly/tbGl5Rn>

Motta, P. y Ocaña, H (2018). Caracterización de subsistemas de pasturas braquiarias en hatos de trópico húmedo, Caquetá, Colombia. *Ciencia y Agricultura*.; 15(1): 81-92.

McNamara, S., Murphy, J. J., Rath, M., & O'mara, F. P. (2003). Effects of different transition diets on energy balance, blood metabolites and reproductive performance in dairy cows. *Livestock Production Science*, 84(3), 195-206.

Orozco C Adriana y Uribe V Luis. La Condición Corporal Como Herramienta Para Pronosticar el Potencial Reproductivo en Hembras Bovinas de Carne. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 63(2): 5607-5619. Encontrado en: <https://n9.cl/moqpu>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentaria (FAO). (2005). Alternativas Nutricionales para Época Seca (ANES). Proyecto Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) en Honduras. 1 – 15. Encontrado en: <http://www.fao.org/3/a-at783s.pdf>

Pardo B, Oscar; Rincón C, Álvaro y Hess H, Dieter (1999). Alternativas forrajeras para los llanos orientales de Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. Boletín Técnico No. 18. Encontrado en : <https://n9.cl/fhzh7>

Pérez, Edwin. (2017). Manual de manejo sistemas intensivos sostenibles de ganadería de leche. Acciones climáticas en el sector agropecuario. San José, Costa Rica. Encontrado en: <https://n9.cl/zk3o>

Peters, M. Franco, L. Schmidt, A. Hincapié, B. (2011). Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores del trópico Americano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Cali, CO. vii, 212 p.

Pérez Raúl y Lascano Carlos. Pasto Humidicola (Brachiaria Humidicola Rendle Schweickt). Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. Boletín técnico No 181. Encontrado en: <https://n9.cl/msvyp>

Quevedo, Winston, Ortiz, Lucio, Sardán, Santos, Rivera, Ercilia, & García, Delfín. (2019). Disponibilidad y consumo de agua para la ganadería bovina en el municipio de Mojocoya. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 17(20), 133-142. Encontrado en: <https://cutt.ly/kbGkx2T>

Ricciardino Z, Piccinali RL. (1998). Efectos de la suplementación parenteral con minerales (Cu, Se, P) y vitaminas (E y D), sobre parámetros productivos en Vaquillas sobre pasturas naturales. *Rev Arg Prod Anim*; Sup 1:

Roa Orjuela, C. A., & Leon Nuñez, A. L. (2014). Efecto de la suplementación energética durante el periodo transición en vacas lecheras. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/1>

Román, S. I., Ríos, A., Montañó, M., García, A., Sifuentes, A. M., Martínez, G. Domínguez, J. (2015). Mejoramiento genético de los bovinos del trópico. En: E. González, J. L. Dávalos y O. Rodríguez (Eds.),

Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical (pp. 99-152). D.F., México: Red de investigación e innovación tecnológica para la ganadería bovina tropical y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Sandoval, E., Morales, G., Jiménez, D., Pino, L., Urdaneta, J., & Araque, C. (2007). Caracterización de las diferentes modalidades de producción del sistema de ganadería bovina de doble propósito del Municipio José Antonio Páez del estado Yaracuy, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24(3).

Sarmiento TR, 2012. Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosas. Universidad Autónoma de Madrid Facultad de Ciencias Departamento de Química Agrícola. Tesis doctoral. Encontrado en: <https://cutt.ly/vbDDXPX>

Sobal, J., Khan, L. K., & Bisogni, C. (1998). A conceptual model of the food and nutrition system. *Social Science & Medicine*, 47(7), 853-863.

Torrijos, R. (2019). Cifras de Contexto Ganadero Caquetá 2020. Florencia, Caquetá, Colombia: Ed. Comité Departamental de Ganaderos del Caquetá. Recuperado de <https://n9.cl/540z>

Uribe F., Zuluaga A. F., Valencia L. M., Murgueitio E., y Ochoa L. M. (2011). *Buenas prácticas ganaderas*. Bogotá, Colombia: Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible, GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGÁN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Recuperado de <https://n9.cl/dnt4e>

Valenciaga D y Chongo B. (2004). La pared celular. Influencia de su naturaleza en la degradación microbiana ruminal de los forrajes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 38, No. 4.

Vanhonacker, F., Verbeke, W., Van Poucke, E., & Tuytens, F. (2008). Do citizens and farmers interpret the concept of farm animal welfare differently? *Livestock Science*, 116(1), 126-136.

Villanueva, C., Ibrahim, M., Ríos, J., y Suárez, J. (2008). Disponibilidad de Brachiaria brizantha en potreros con diferentes niveles de cobertura arbórea en el trópico subhúmedo de Costa Rica. *Zootecnia Trop*, 26(3), 293-296.

Wagner, J.J., K.S. Lusby, J.W. Oltjen, J. Rakestraw, R.P. Wettemann and L.E. Walters. 1988. Carcass composition in mature Hereford cows: estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. *Journal of Animal Science* 66(3): 603- 612.

Zapata, César. Orjuela, J & Guayara, Á. (2013). Identificación y análisis nutricional de especies forrajeras en sistemas de vegetación natural del piedemonte amazónico. *Ingenierías & Amazonia* 6 (2), 2013, pp: 92 – 98.

Capítulo 4

REPRODUCCIÓN BOVINA



4.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE REPRODUCCIÓN BOVINA

En nuestras ganaderías, los animales son una fuente rentable de productos; pues estos, como lo ha descrito Fonseca (2007), además de brindarnos carne, leche y sus derivados, pueden albergar, en el caso de una hembra, la cría que extenderá su linaje. Con la mejora de la explotación pecuaria por medio de una buena administración y selección de animales de calidad, un aumento en los ingresos anuales será reflejado a futuro. Sin embargo, para conseguir buenos frutos mediante la ganadería, es necesario conocer algunas necesidades básicas del animal, como son la genética, buenas prácticas ganaderas, nutrición, sanidad, fisiología reproductiva, biotecnologías, entre otras.

Conocer sobre reproducción bovina incluye tener conocimiento básico sobre anatomía y fisiología del sistema reproductivo tanto del macho como de la hembra bovina, así como los diferentes componentes que pueden influenciarlos. Este conocimiento, que si bien no es una obligación conocerlo detalladamente, es importante al menos en un nivel básico, ya que a partir de ahí será posible mejorar nuestros animales y sus productos, y obtener al final de todo este proceso unas ganaderías rentables y sostenibles.

4.1.1. ¿Qué es la reproducción animal?

“La reproducción es una función importante para todos los seres vivos porque permite la supervivencia de las especies. Sin ella los organismos morirían y la especie no se podría perpetuar en el tiempo” (Martínez, 2019)

Reproducción es el nombre que se le da al proceso biológico mediante el cual dos seres vivos, cada uno con sus respectivas gametas (espermatozoides y óvulo u oocito), pueden formar un nuevo ser vivo, con las mismas o similares características genéticas. No obstante, cabe resaltar que este nuevo ser vivo será único y NO una copia idéntica de sus padres.

4.1.2. ¿Por qué es importante la reproducción animal?

Algunas razones de la importancia de la reproducción son:

1. Preservar la vida sobre el planeta.
2. Propiciar la diversidad en las especies (mejorar la especie).
3. Perpetuar el material genético de ejemplares destacados.
4. Permitir la evolución, para ampliar sus oportunidades de supervivencia; los seres vivos, mediante diversos mecanismos, van adaptándose al medio.
5. Promover avances científicos. Gracias a la ciencia ha sido posible manipular de cierto modo las características de los animales, y con el objetivo final de tener animales con mayor desempeño, el resultado económico ha sido el de mayores lucros en la ganadería. Ejemplos de esto son la clonación y las técnicas de reproducción asistida (inseminación artificial-**IA**, inseminación a término fijo-**IATF**, producción in vitro e in vivo de embriones-**PIVE**) (Martínez, 2019).

4.1.3. Principios de anatomía reproductiva

El sistema reproductor de la hembra bovina se puede dividir en órganos externos y órganos internos. Entre los externos se encuentran la vulva, el clítoris y el vestíbulo vaginal, y entre los internos, la vagina, el cérvix, el útero, dos cuernos uterinos, dos tubas uterinas y dos ovarios. El sistema reproductor se localiza encima de la vejiga urinaria y debajo de la ampolla rectal (Fonseca, 2007; Rangel, 2009).

La vulva está conformada por los labios vulvares y el clítoris y hace parte del aparato reproductor externo de la hembra. Esta estructura es la encargada de aislar la vagina del exterior, siendo la primera barrera física del sistema reproductor femenino, ante la entrada



de algún agente extraño. Se encuentra en la región perineal, por debajo del ano. Tres son las funciones de la vulva: permitir la salida de orina, facilitar la entrada del órgano masculino en el momento de la cópula o de la pistola de inseminación y servir como canal del parto (Fonseca, 2007; Rangel, 2009).

Los labios vulvares de la hembra en estado normal, generalmente se observan secos y arrugados. Sin embargo, si la hembra está en celo, la vulva aumenta de tamaño, se torna de color rojizo y se observa húmeda. A la inflamación que se presenta en la vulva se le conoce como edema vulvar, y es un proceso normal del estro. Una vez se abren manualmente los labios bulbares encontramos en sentido craneal el vestíbulo vaginal, la primera porción de la vagina, y allí encontraremos el orificio uretral (Fonseca, 2007), es decir, el conducto que une la vagina con la vejiga del animal.

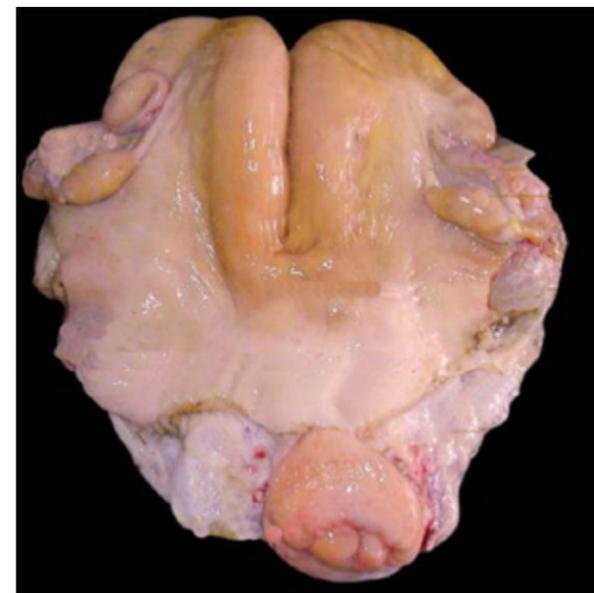
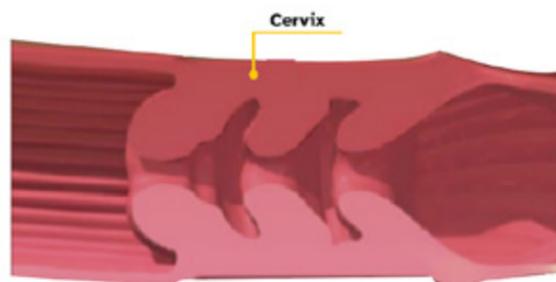


ATENCIÓN: El orificio uretral representa el primer obstáculo durante la inseminación artificial (IA), ya que durante el aprendizaje de esta técnica suele suceder que la pipeta o la pistola de inseminación la introducimos por este y terminamos depositando el semen en la vejiga.

La vagina inicia justo después del vestíbulo vaginal y llega hasta la cervix. En la monta natural, el semen del toro es depositado en la parte anterior de la vagina, donde se une con el cervix (Fonseca, 2007).

El cervix, también conocido como cuello uterino, es una estructura cilíndrica de paredes musculares gruesas que poseen pliegues o anillos capaces de cerrarse herméticamente. El tamaño, la consistencia y la forma del cervix varían de acuerdo con la edad del animal, su raza y el número de partos que haya tenido, entre otros factores. De igual manera el número de anillos que tiene el cervix varía según la especie. Sin embargo, encontramos que en la especie bovina se observan entre tres a cuatro anillos (Fonseca, 2007). El cervix forma la segunda barrera física del sistema reproductor, y aísla la vagina del útero. Además de proteger

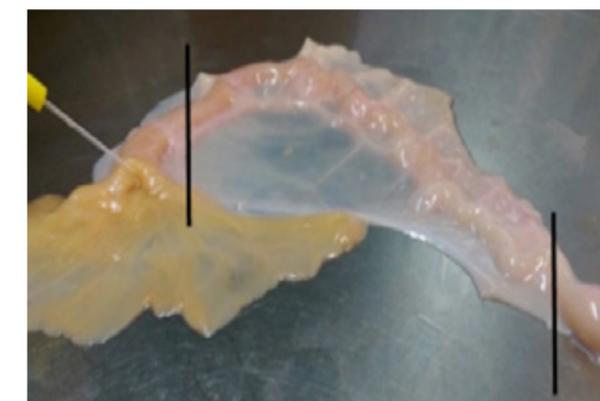
el ambiente uterino, facilita también el transporte de espermatozoides hacia el lumen del útero. Durante el celo, el cervix se relaja para hacer posible la apertura del canal cervical y permitir el paso del semen, cuando es monta natural, o de la pistola de inseminación, en caso de ser IA. En la gestación, el cervix se cierra y queda sellado por un moco viscoso también conocido como tapón mucoso o tapón de wharton, que evita el paso de cualquier microorganismo hacia el útero o la salida de líquido amniótico hacia el exterior. Durante la práctica de inseminación artificial el cervix es la principal es-



tructura estudiada, ya que es un punto de referencia para los inseminadores, ya que a través de este se tiene que pasar la pistola de inseminación para depositar el semen en el útero (Fonseca, 2007; Rangel, 2009).

Anatómicamente, **el útero** se puede dividir en un cuerpo del útero y dos cuernos uterinos, mide alrededor de 2-4 cm de largo y sirve de conexión entre el cervix y las tubas uterinas. Durante la IA, el semen es depositado en el cuerpo uterino. Su función principal es garantizar el ambiente adecuado para el desarrollo del embrión/feto. Además, también participa en el transporte de los espermatozoides, llevándolos al sitio de fecundación, ayuda a eliminar sustancias no deseadas en el útero y regula la vida del cuerpo lúteo (CL) gracias a la producción de prostaglandina (Fonseca, 2007; Rangel, 2009).

Las tubas uterinas (oviductos), conectan los cuernos uterinos con el ovario, y su función es transportar los oocitos. En la mujer las tubas uterinas se conocen como trompas de Falopio. Las tubas uterinas se encuentran divididas en tres segmentos: el primero es el infundíbulo, que tiene formato de embudo y es quien recibe el oocito una vez el ovario ha ovulado. El segundo es el ampulla, o también denominada ampolla, en esta región, específicamente en la región del istmo ampular, es donde acontece la fecundación. Y el tercer segmento es el istmo, la porción que comunica con el cuerno uterino; su diámetro es menor que el ampulla y dentro de sus funciones está formar el reservorio espermático para mantener viables las células masculinas (Fonseca, 2007).



Los ovarios son los órganos esenciales en la reproducción, miden aproximadamente 2 a 4 cm de largo por 1 a 2 de ancho. Aunque en general su forma es parecida a un frijol, dependiendo del estadio fisiológico de la hembra, esta puede mudar por la presencia de uno o varios folículos o de un CL. Los folículos son las estructuras donde se desarrollan y maduran los oocitos; cuando ya tienen un determinado tamaño (aproximadamente 3 mm), se encuentran llenos con una cavidad y son llamados de folículos antrales. Esta cavidad se encuentra llena de fluidos y

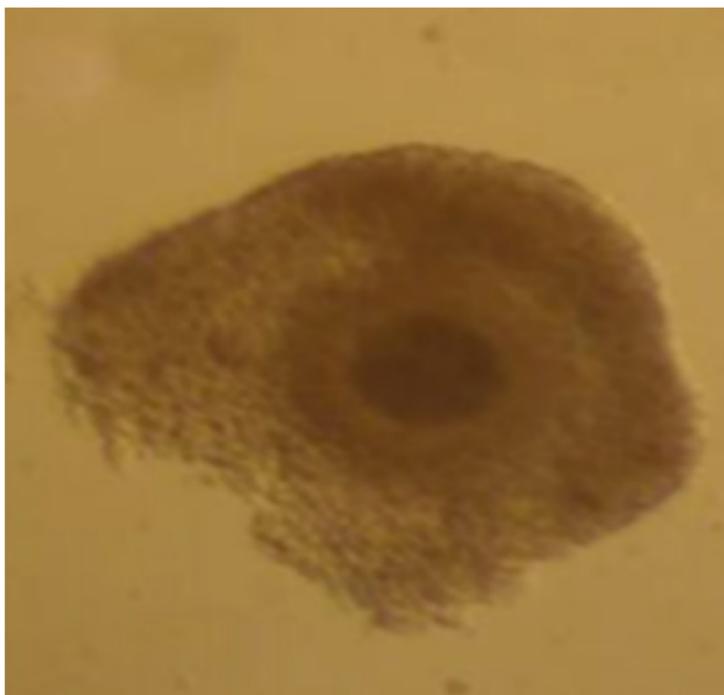
varían de tamaño según el desarrollo folicular, hasta llegar aproximadamente a 20 mm. El folículo mayor (20 mm en promedio) es denominado de folículo dominante, y es el que ovula cuando la vaca entra en celo, esto por influencia de las hormonas gonadotropinas (FSH y LH). Posteriormente a la ovulación y con la liberación del oocito, el folículo se convierte en un cuerpo hemorrágico que luego se transformará en un CL. Los folículos, cuando antrales, producen estrógenos e inhibina, las hormonas responsables de las manifestaciones durante el estro. El CL, por su parte, secreta progesterona, la hormona responsable del mantenimiento de la preñez y de mantener la inactividad de los folículos (Fonseca, 2007).

Las funciones de los ovarios pueden ser divididas en dos: 1) Producción de oocitos (óvulos), también conocida como función exocrina y 2) producción de hormonas, conocida como función endocrina y las hormonas que secreta principalmente son el estrógeno y la progesterona (Rangel, 2009).

El oocito también conocido como el óvulo o gameto femenino, es la célula sexual producida por el ovario, específicamente por el folículo. Esta célula es la que se fusionará con el espermatozoide para dar origen a un nuevo ser vivo (Rangel, 2009).

El sistema reproductor del macho, a diferencia del de la hembra, está constituido en su gran mayoría por estructuras externas, como los testículos, el pene y el prepucio. Algunas de las estructuras internas son el epidídimo, el conducto deferente, la uretra y las glándulas sexuales (Dyce, 2004).

Los testículos o gónadas masculinas se ubican fuera de la cavidad abdominal, y son unas estructuras pares en forma de huevo. Se encuentran recubiertos por varias capas de tejido, la primera de las cuales es la piel, conocida comúnmente como el escroto; aquí la piel posee varias glándulas sebáceas y sudoríparas. La segunda capa es la túnica dartos, compuesta de fibras musculares lisas, divide la capa escrotal en dos cavidades, al hacer una barrera en el medio de ambos testículos, formando la cavidad izquierda y la cavidad derecha. Ambas capas ayudan a regular la temperatura del testículo mediante la sudoresis (glándulas sudoríparas) y la retracción o relajación muscular, gracias a la cual, ante cambios en la temperatura corporal o ambiental, los testículos se acercan o alejan de la cavidad abdominal. Finalmente, la tercera capa es la túnica albugínea, capa fibrosa conformada por una masa de tubos seminíferos, de la cual salen estructuras que forman una red de soporte. La función de los testículos es la de producir los espermatozoides y las hormonas testosterona y estrógeno;



la primera en mayor cantidad por ser la encargada de las características del macho (Dyce, 2004; Rangel, 2009).

El pene es el órgano sexual masculino, una estructura muscular que tiene origen en la cavidad abdominal superior, donde encontramos el músculo retractor del pene, y desciende por debajo de la pared abdominal, cubierto por el prepucio. Su parte interna la conforma un tejido cavernoso, el cual le permite estar relajado cuando está vacío y erecto al llenarse de sangre. En su interior, el pene lleva la uretra que va desde la vejiga hasta el glande. La uretra es la encargada de llevar la orina al exterior y de transportar los espermatozoides y el plasma seminal cuando el toro eyacula. Durante la excitación, el músculo retractor del pene se relaja y la estructura cavernosa y eréctil se llena de sangre, haciendo que el pene se ponga erecto y aumente de tamaño. Al cubrir a la hembra, el toro introduce el pene erecto en la vagina y deposita allí el semen mediante un fuerte empujón hacia adelante, llamado comúnmente “golpe de riñón”. La salida del semen o eyaculación es debida a un reflejo de contracción del epidídimo, vasos eferentes, uretra y glándulas accesorias del aparato reproductor del toro. El reflejo es causado por estimulación del glande del pene durante la monta natural o, en el caso de la inseminación artificial, por la vagina artificial usada para coleccionar el semen. **El prepucio** es el saco externo que cubre la porción libre del pene, recubierto internamente por tejido mucoso y externamente por piel (Dyce, 2004; Rangel, 2009).

El epidídimo es un conducto conformado por tres partes: cabeza, cuerpo y cola; se halla adherido a los lados y los extremos de los testículos. Su función es la de permitir la maduración de los espermatozoides y, al mismo tiempo, servir de lugar de almacenamiento de estos. Los **conductos deferentes** son tubos que van desde la cola del epidídimo hasta la uretra; su función consiste en transportar los espermatozoides desde el epidídimo hasta el exterior (uretra). **La uretra** es una estructura que también forma parte del aparato urinario y a su vez sirve de conducto para el plasma seminal, razón por la cual también se incluye dentro del sistema reproductor masculino. Esta, es un tubo o conducto que va desde la vejiga hasta el exterior, por el interior del pene. Su función es común para el aparato urinario y el aparato reproductivo, al permitir la salida tanto de la orina como del semen al exterior (Dyce, 2004; Rangel, 2009).

Las glándulas sexuales en la especie bovina son tres: próstata, glándulas bulbo uretrales y vesículas seminales, cuya función es la de producir el líquido seminal donde se conservan los espermatozoides y servir, a su vez, de vehículo para su salida a través de la uretra. Estos líquidos le dan volumen al semen y además le aportan nutrientes y protección. **Semen**, se le llama así al líquido eyaculado por el reproductor, y está constituido por dos fracciones. En la primera encontramos los espermatozoides, formados en los testículos y almacenados en el epidídimo; en la segunda fracción, el plasma seminal, secretado por las glándulas accesorias. El eyaculado de un toro adulto presenta un volumen que puede variar entre tres y doce centímetros cúbicos, de color blanco mate y consistencia cremosa. La concentración normal del semen puede variar entre 500 y 2.000 millones de espermatozoides por centímetro cúbico.



bico. Esta característica del semen es la que permite que se pueda diluir en soluciones especiales, con el objeto de ser utilizado en varias hembras mediante IA. Al igual que la hembra, el macho produce su propia célula sexual, conocida como espermatozoide; este también es llamado de gameto masculino y está formado por tres partes: cabeza, pieza intermedia y cola (Dyce, 2004; Rangel, 2009).

riodo que antecede a la pubertad y durante la pubertad propiamente dicha, de ambos sexos (hembra y macho). Una vez entendidos estos conceptos, podremos aplicarlos para obtener unos índices de precocidad sexual elevados y optimizar así la productividad de los animales (Emerick et al., 2009; Sequeira, 2013).

Pubertad es el tiempo o la edad en la que una hembra o un macho se encuentran lo suficientemente maduros como para conseguir reproducirse. Esta es una característica que indica precocidad sexual, y debe ser siempre considerada en los programas de mejoramiento animal (Mello, 2015).

En los toros la pubertad es considerada como el momento en que aparecen las primeras células espermáticas o “espermatozoides” en el eyaculado (Forni & Albuquerque, 2004). Sin embargo, la mejor definición del término pubertad es la del investigador Wolf et al. (1965), quien afirma que es la edad en que al animal presenta en su eyaculado, además de células espermáticas, una motilidad del 10% y una concentración de mínimo 50 millones de espermatozoides. Diversos estudios han mostrado que existe una diferencia marcada entre las razas *Bos indicus* y *Bos taurus*; los indicus entran a la pubertad con edades más avanzadas que los *Bos taurus* (e Silva et al., 2013; Guimarães et al., 2011). Tabla 1.

Raza	Meses
<i>Bos indicus</i> (cebuínos)	14-24
<i>Bos taurus</i>	9-12
****clima tropical****	12-24
<i>Bos taurus</i> x <i>Bos indicus</i>	20-25
Hereford	9-12
Angus	9-11.5
Holstein	8- 11.5

Tabla 1. Edad en meses de entrada a la pubertad de algunas razas de toros.

En las razas europeas, que pertenecen a *Bos taurus*, también se observan diferencias entre los animales que tienen aptitudes para leche o carne: siendo más precoces las razas con aptitudes para leche. Otro de los parámetros que se deben medir para identificar la edad fértil de un toro es el perímetro o circunferencia escrotal (CE), que también experimenta diferencias entre razas, sin embargo, a menudo es utilizada como parámetro promedio de pubertad una circunferencia escrotal de 28 cm (Mello, 2015).

Una observación de estos parámetros en el toro nos llevará a seleccionar toros de manera más precoz, y ello, a su vez, nos proporcionará ventajas económicas, ya que tendremos

4.2. PUBERTAD EN LA HEMBRA Y EL MACHO

La eficiencia económica de toda ganadería está relacionada con la capacidad productiva y reproductiva de los animales, y la reproducción es uno de los factores determinantes para una buena producción. De aquí la importancia de estudiar la reproducción. El marco inicial del proceso reproductivo es la pubertad, una vez que su anticipación proporciona retorno más rápido de la inversión, aumenta la vida útil de las matrices, permite mayor intensidad de selección y disminuye el intervalo entre generaciones, y todo ello lleva a un mayor progreso genético. El buen manejo tanto de la hembra como del macho tiene un papel importante, pues contribuye a mantener las características de interés en los sistemas de producción. De este modo, es importante identificar y conocer los procesos fisiológicos envueltos en el pe-

reducción de costos en la alimentación, una vez identifiquemos aquellos animales que serán para venta y aquellos que conservaremos como reproductores (Guimarães et al., 2011). Resultados de estudios demuestran que los toros de mayor precocidad y libido presentan tasas de preñez altas cuando son utilizados con un gran número de vacas en estaciones de monta cortos. De igual manera, se observa una heredabilidad relativamente alta; es decir, si se realiza una adecuada selección de toros, podríamos conseguir que la edad a la cual el toro entra a su pubertad sea menor; ello resulta en animales con precocidad superior (e Silva et al., 2013; Guimarães et al., 2011; Lunstra et al., 1978).

La pubertad en la vaca se define como la edad en que ocurre en el animal el primer estro, acompañado de una ovulación espontánea (Hafez & Hafez, 2004). En otras palabras, es el momento en que el animal se encuentra apto para entrar en reproducción. Diversos mecanismos fisiológicos están envueltos en este proceso. Su inicio está regulado por la maduración del hipotálamo, teoría conocida como gonadostática. En esta teoría, el hipotálamo queda más sensible a los esteroides gonadales, aumentando la secreción de gonadotropinas (Melvin et al., 1999). Durante el inicio de la pubertad aumenta la síntesis y liberación de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) por el hipotálamo. Esta GnRH, a su vez, mediante pulsos estimula la liberación de las hormonas luteinizante (LH) y folículo estimulante (FSH). La FSH es responsable por el crecimiento y desenvolvimiento inicial de los folículos. La LH es responsable por la luteinización del folículo preovulatorio y del mantenimiento del cuerpo lúteo (CL), que es quien durante la gestación va a liberar la hormona progesterona, que se encarga, como ya se dijo, del mantenimiento de la gestación (Emerick et al., 2009; Hafez & Hafez, 2004).

Raza	Edad (meses)	Peso Kg
Vaca lechera	8-13	160-270
angus	11	310
Simmental	12	359
Bos taurus (carne)	10-15	300-320
Bos indicus (carne)	17-23	330-350

Tabla 2. Edad, raza y peso promedio de pubertad en las hembras bovinas

El inicio de la actividad reproductiva, tanto en hembras bovinas como en el macho, tiene una gran influencia en la rentabilidad de creación de terneros de reposición, y es uno de los principales factores responsables de la baja tasa de producción del rebaño. La edad al primer parto, la raza, la habilidad materna de la hembra y la precocidad del macho están directamente relacionada con la edad a la pubertad de los terneros. Motivo que vuelve de gran importancia la selección de los padres (e Silva et al., 2013; Moran et al., 1989).

La pubertad es influenciada por diversos factores, como genéticos (ya descritos); ambientales y/o climáticos, los cuales estarían también relacionados con la oferta o escasez de alimento en diferentes épocas; sociales, cuando no se realiza una adecuada separación de los lotes observando jerarquías, y factores hormonales, que también estarían ligados a una nutrición balanceada. La nutrición, como es bien sabido, es la base para todo buen desenvolvimiento. Al igual que los seres humanos, los bovinos necesitan una alimentación adecuada, que supla todas las necesidades nutricionales para expresar precozmente su máximo potencial genético (Emerick et al., 2009).

Animales con tasas de crecimiento lento necesitan un tiempo mayor para llegar a un peso ideal, y de igual forma, necesitarán un tiempo mayor para alcanzar la pubertad. En novillas se ha observado cómo dietas bien balanceadas influyen el peso y la edad en que estas entran a la pubertad. Diversos estudios han mostrado como machos y hembras bajo buenas condiciones de manejo tienen ganancias de 0,75 kg/día y pubertad de hasta 53 días más temprano, cuando se comparan con animales de una dieta moderada (estudio realizado en angus por Hall et al., 1994). De igual forma, las investigaciones de Wiltbank et al. (1970) demostraron que la pubertad en novillas de carne es más influenciada por la tasa de crecimiento en el periodo previo al destete que en el posterior al destete, ya que los animales que tuvieron mayor tasa de crecimiento previa al destete presentaron pubertad más rápido y con mayor peso.

El efecto de toro es también un factor importante en las manifestaciones de la pubertad. Este está relacionado con las “feromonas”, aquellas sustancias que todo ser vivo libera con el fin de provocar comportamientos específicos en otros individuos o animales de la misma especie. Las feromonas pueden ser liberadas en orina, heces, saliva o sudor (Rekwot, Ogwu, & Oyedipe, 2000).

En los animales, el órgano que detecta las feromonas es conocido como el órgano vomeronasal o de Jacobson. Este órgano, en presencia de feromonas, es capaz de inducir una respuesta comportamental inmediata o cambios fisiológicos, como inducción y sincronización del estro o aceleración de la pubertad (Rekwot, Ogwu, Oyedipe, et al., 2000). Novillas expuestas al toro alcanzaron la pubertad tres meses más rápido que las que no estaban expuestas, tabla 3.

Características puberais	Exposição ao touro	Não exposta ao touro
Idade à puberdade (meses)	23,1 ^a	26,4 ^b
Peso vivo na puberdade (kg)	224,4 ^a	225,8 ^b
Escore da condição corporal	2,9	2,8
Concentração de progesterona (ng/ml)	3,4	3,0
Ganho médio diário (kg)	0,34	0,32

Tabla 3. Efecto de la estimulación con toro en la edad, peso, condición corporal y concentración de progesterona sérica a la pubertad. Novillas bunaji x holstein en India.



4.3. PRINCIPIOS DE ENDOCRINOLOGÍA

Una vez alcanzada la pubertad, la hembra bovina comienza una actividad cíclica conocida como ciclo estral. Como su nombre lo dice, es un ciclo que se repite durante todo el año. Debido a esto, las hembras bovinas son consideradas poliéstricas (varios ciclos estrales al año), y en promedio se repite cada 21 días (18-24 días). Sin embargo, si una hembra queda preñada, este ciclo se alarga hasta nueve meses, tiempo promedio de una gestación. Además, también puede demorarse en comenzar un nuevo ciclo durante la tercera a sexta semana posparto; debido a la alta producción de leche o condiciones patológicas o balances energéticos negativos.

En mamíferos, el sistema reproductivo es controlado por el sistema nervioso y endocrino, que, de una manera sincrónica, dirigen la cascada de eventos que dan como resultado el nacimiento de un ternero (Acuña, 2007; Niswender, 2002).

Independientemente del sexo, el animal recibe constantemente estímulos del ambiente externo que son captados por los ojos (luz o presencia de otros animales de la misma especie), por la nariz (olores sexualmente significativos) y por el tacto (proximidad con otros animales). Una vez recibidos, el sistema nervioso envía señales relacionadas con activación del sistema reproductivo, y hace que el eje hipotálamo-pituitaria-gónada comience a producir o secretar hormonas en respuesta a esos estímulos (Hafez & Hafez, 2004).

Desglosando lo anterior, como respuesta a los estímulos, el hipotálamo sintetiza y libera la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH). Esta hormona viaja por un sistema de con-

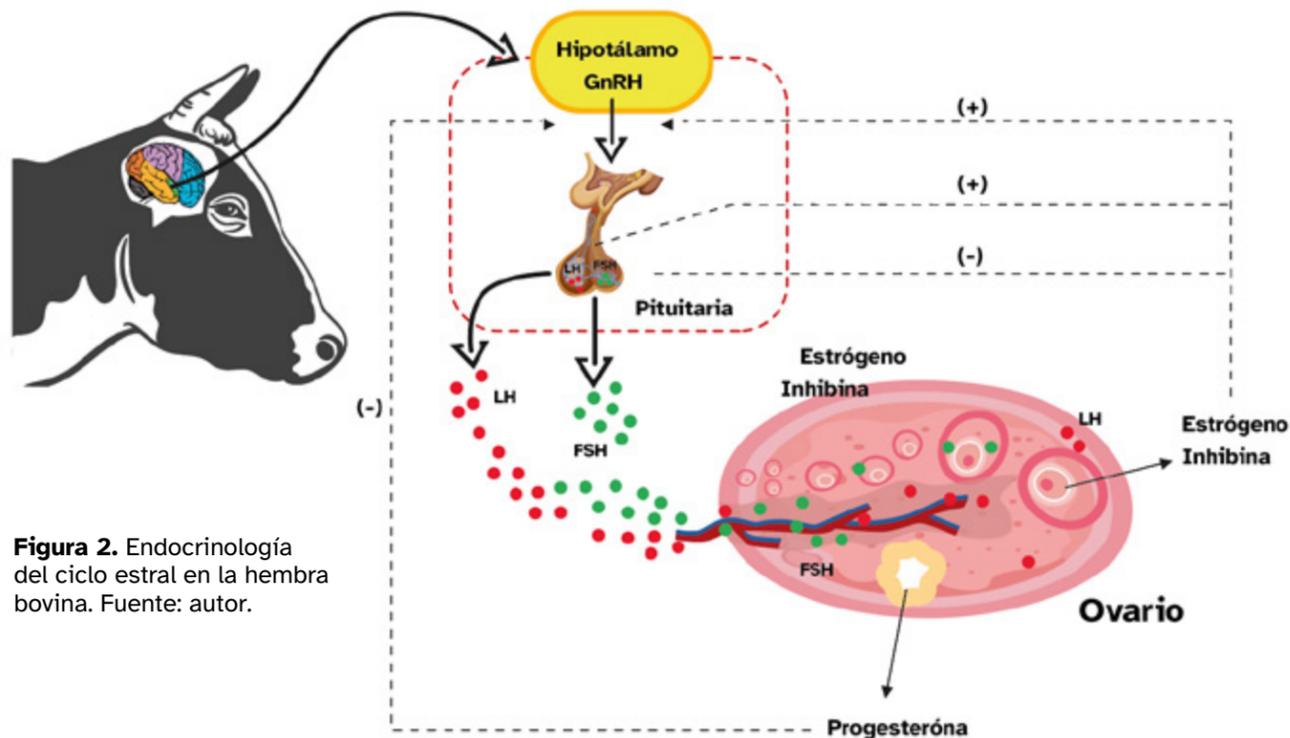
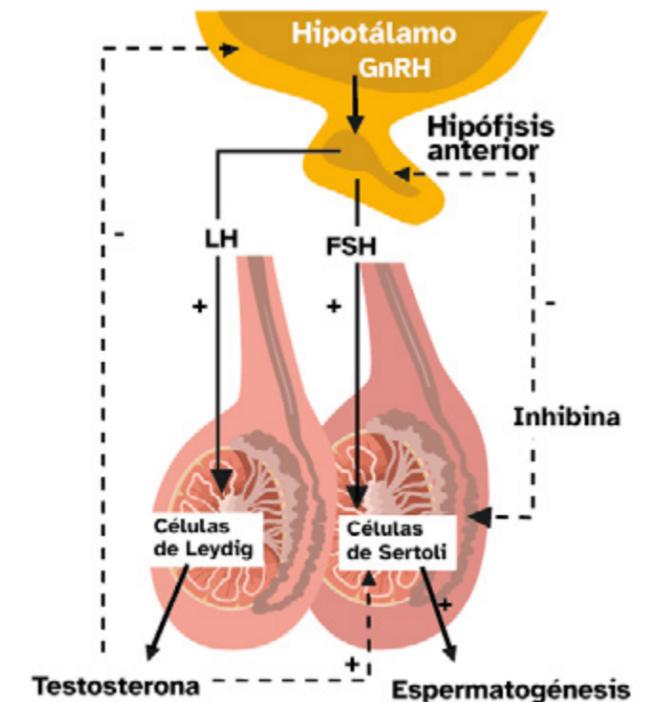


Figura 2. Endocrinología del ciclo estral en la hembra bovina. Fuente: autor.

ductos sanguíneos conocido como sistema porta hipotálamo-hipofisario y llega a la glándula pituitaria (lóbulo anterior o adenohipófisis), donde estimula la secreción de las hormonas foliculo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), ambas conocidas como gonadotropinas. Estas hormonas no son secretadas constantemente, pero sí en una serie de pulsos regulados por el propio organismo mediante un sistema llamado feedback, que pueden ser negativos o positivos, dependiendo de la gonadotropina liberada en mayor concentración.

En la hembra, la FSH y la LH regulan la actividad del ovario, haciendo que los folículos comiencen a crecer (controlado por FSH), estimulando la maduración del folículo dominante, la producción de estradiol y la ovulación, y dando el soporte para la formación y función inicial del cuerpo lúteo (controlado por LH). A medida que los folículos comienzan a desarrollarse (reclutamiento), forman una cavidad llena de líquido conocida como antro, y comienzan a producir bajas cantidades de estrógenos. Con el desarrollo de los folículos, aumenta el antro y la producción de estrógeno, que a su vez hace que comiencen a aparecer los receptores para LH. Cuando uno de los folículos alcanza un tamaño superior al de los demás (8mm), entra en la divergencia folicular y su producción de estrógeno bloquea a nivel hipotalámico la secreción de GnRh y a nivel de la hipófisis la FSH, para atresiar los folículos subordinados y el crecimiento de una nueva onda folicular. Este folículo dominante pasa a ser dependiente de LH para su maduración final. Una vez alcanzado un pico máximo de LH, ocurre la ovulación de dicho folículo dominante (Hafez & Hafez, 2004). Posteriormente a la ovulación, es formado un cuerpo hemorrágico, que dará origen al cuerpo lúteo (CL) (cicatriz del folículo ovulado), que será el encargado de producir la hormona progesterona (P4) y la oxitocina. Esta P4, mediante feedback negativo, disminuirá los pulsos de GnRH en el hipotálamo para inhibir el comienzo de nuevos ciclos, y se encargará, si hubo fecundación, de mantener la gestación. Si el oocito no fue fertilizado o no existe una señal que le avise a la vaca que está preñada, el útero producirá y liberará la hormona prostaglandina (PgF2), la cual se encargará de eliminar el CL. Con la regresión del CL, las concentraciones de P4 disminuyen, removiendo así el bloqueo de la GnRH por el hipotálamo y dando inicio a un nuevo ciclo estral (Araújo, 2018; Hafez & Hafez, 2004).

En el macho, la producción de espermatozoides (espermatogénesis) es constante una vez este llega a su pubertad. Las hormonas involucradas para tal proceso son, en esencia, las mismas que en la hembra, aunque con algunos pequeños cambios. La GnRH liberada del hipotálamo, al igual que en la hembra, estimula de una manera pulsátil la liberación de FSH y LH. La LH estimula la



síntesis de la testosterona necesaria para la producción de espermatozoides, y a su vez, inhibe la producción de GnRH para controlar la producción de células espermáticas. La FSH por su parte, estimula la producción de espermatozoides en las células de sertoli del testículo, con la ayuda de la testosterona (Hafez & Hafez, 2004).

4.3.1. Ciclo estral de la hembra

El ciclo estral es el conjunto de eventos fisiológicos que se producen en el sistema reproductivo como consecuencia de las variaciones en los niveles hormonales y que regula la receptividad sexual. En los bovinos, el ciclo estral no es dependiente de la época del año (Acuña, 2007). Sin embargo, este puede ser influenciado por el clima o por situaciones de estrés, que van a llevar a que, mediante adaptación fisiológica, los ciclos se acorten o se alarguen. En promedio, el ciclo estral en la hembra bovina es de 21 días (Acuña, 2007; Hafez & Hafez, 2004).

Existen dos maneras de clasificar el ciclo estral. La primera es hacerlo en dos fases, la luteal y la folicular. En la fase luteal, la estructura predominante es el CL, comienza después de la ovulación (día cero) y se extiende hasta el día 16-19, donde se da la regresión del CL. La fase folicular tiene inicio a partir del día 16-19 posterior a la ovulación, los folículos son las estructuras que caracteriza esta fase y es aquí donde ocurre el desarrollo folicular (reclutamiento- divergencia y dominancia). Esta fase culmina con la ovulación del folículo dominante. (Rangel, 2009).

La segunda manera de clasificar el ciclo estral bovino, y tal vez la más conocida, es aquella que divide el ciclo en cuatro fases: proestro, estro, metaestro y diestro (Sequeira, 2013).

Proestro: inicia con la regresión del cuerpo lúteo. Durante el periodo de proestro hay crecimiento folicular; su final es marcado por la aparición del estro. En este periodo, puede aparecer secreción variable de moco vaginal en algunas hembras. La hormona predominante con esta etapa es la FSH. En promedio, dura de tres a cinco días (Rangel, 2009; Sequeira, 2013).

Estro: es el periodo de receptividad sexual, también conocido como celo, en el cual el folículo dominante está listo para ser ovulado. Tiene una duración de aproximadamente 15 horas; sin embargo hay un amplio rango que va de dos a veinte horas (uno a dos días). Durante esta fase, el animal puede mostrar signos característicos de celo, como dejarse montar por otra vaca o por el toro, secreción vaginal transparente y mucosa, entre otros (Rangel, 2009; Sequeira, 2013).

Metaestro: su inicio se da al final del estro con la ovulación del folículo dominante. Esta es espontánea, y ocurre generalmente 12 horas luego de finalizado el celo (hormona relacionada: LH). Posteriormente, se da inicio al desarrollo del CL, y puede llegar a durar entre cuatro

y cinco días. Algunos animales manifiestan sangrado fisiológico en esta fase. Hormona relacionada: progesterona (Rangel, 2009; Sequeira, 2013).

Diestro: comienza después de la ovulación entre los días cuatro y cinco, y finaliza con la lisis (destrucción) del CL. Es la última fase, y su final da inicio a un nuevo ciclo. Dura en promedio de 14-15 días. Durante el diestro, el CL es una estructura más activa. Si la hembra queda preñada, el CL se encargará de mantener la gestación mediante la constante secreción de P4 durante los meses siguientes (Rangel, 2009; Sequeira, 2013).

Fase folicular		Fase luteal	
Proestro	Estro	Metaestro	Diestro
5-6 días	2-20 horas	4-5 días	14-15 días

Tabla 4. Tabla esquemática de las fases y las etapas del ciclo estral en la hembra bovina no gestante. Fuente: Autor.

DO día de la ovulación

En conclusión, las fases del ciclo estral son coordinadas principalmente por cuatro estructuras u órganos, conocidos como hipotálamo, hipófisis, ovarios y útero, previamente descritos en el ítem de principios básicos de endocrinología.

4.3.2. Comportamiento sexual.

El **comportamiento** o **la conducta sexual** es la combinación de varios eventos que llevan a la hembra a aparearse con el macho, con el fin de reproducirse y conservar la especie. En 1976, el investigador Beach propuso una manera de clasificar el comportamiento sexual, que él divide en tres: atractividad, proceptividad y receptividad (Beach, 1976).

La **atractividad** ocurre cerca del estro (proestro), periodo durante el cual la hembra se vuelve atractiva al macho; se puede manifestar de tres maneras: por medio de 1) comunicación química; el toro u otras hembras perciben las feromonas secretadas de la hembra en celo y tienden a olerla o lamerle los genitales y la orina. Se puede ver al toro realizando reflejo de *flehmen* (retracción de los labios superiores e inferiores) cerca de ella y también inquietud del animal, caminadas en círculos e intentos de husmearse los genitales. 2) vocalización; la hembra, como una manera de demostrar que está en celo, puede emitir vocalizaciones o bramidos y 3) visualización; se observa la cola de la hembra en celo levantada como una

bandera. Además, presenta inquietud y agresividad contra las otras vacas (Fogwell, 2011; Ramírez, 2012).

En la **proceptividad**, la hembra busca el macho mostrando habilidades para excitarlo (conducta heterosexual) o a una de sus compañeras (conducta homosexual). Se observan topeos cabeza con cabeza, topeo a otras partes del cuerpo, apoyo del mentón en la grupa o en otras partes del cuerpo (Fogwell, 2011; Ramírez, 2012).

La **receptividad** es la fase más conocida. Durante esta, la hembra acepta al macho y se queda quieta para ser montada. Se observan desvíos de la cola, arqueos de la columna y movimientos que facilitan la penetración del toro. Durante este periodo, los niveles de estrógenos están elevados, por lo que es considerado el celo propiamente dicho. Este desaparece cuando disminuyen los niveles de estrógeno (Ramírez, 2012).

4.4. MONTA NATURAL E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

La monta natural es el proceso mediante el cual la hembra y el macho realizan la cópula sin intervención directa del hombre. Para que se dé la monta natural, la hembra debe manifestar comportamiento de celo (estro) para atraer el macho, con el objetivo de generar una cría. Para que esto ocurra y el proceso reproductivo se dé de forma satisfactoria, es indispensable estar alerta a las diferentes señales, conocidas como “cortejo”. Identificar adecuadamente estas señales nos permitirá disminuir los tiempos de los intervalos entre partos y planear los nacimientos en épocas de alta demanda de pasturas. No en tanto, la monta natural aumenta los costos de mantenimiento por animal, una vez que requiere no solo de uno o varios machos reproductores dentro de la propiedad, sino también de mayor habilidad y mano de obra de los operarios, ya que el ganado se debe estar evaluando cada 12 horas, o en su defecto, en la mañana y en la tarde. Para contrarrestar este problema y hacer las ganaderías más productivas, se comenzó a implementar desde hace varios años la inseminación artificial (IA).

La IA es una de las herramientas biotecnológicas que nos ayudan a realizar un mejoramiento genético, cuando es bien implementada. Esta biotecnología reproductiva nos permite depositar de forma manual el semen de un reproductor de alta calidad con la ayuda de un aplicador en el tracto reproductor femenino. Sin embargo, esta biotecnología también requiere de una adecuada capacitación de los operarios para identificar el momento ideal del celo. Según Sequeira (2013), el ser humano solo consigue detectar entre el 60% y 80% de los celos en las vacas. En vista de esto, el objetivo de esta unidad es recordar los conceptos abordados en las clases anteriores y conocer los conceptos básicos de reproducción relacionados con la detección del celo, con el fin de identificar el momento ideal para la monta natural o la IA.

4.4.1. Cómo saber si una vaca está en celo/estro

Además de todas las manifestaciones que muestra la vaca, descritas en la unidad anterior, podemos observar modificaciones en los genitales, pues la vulva se observa ligeramente inflamada y de un color rosa más fuerte de lo normal, con presencia de un moco filamentoso de color transparente saliendo de la vulva. Mediante palpación transrectal, el útero se siente duro y contraído (turgente), y si se realiza un masaje en el cérvix, se observará una mayor secreción de moco cristalino por la vulva (Pueyo, 2017; Weisbach, 1999). Es importante resaltar que si el moco se presenta turbio o acuoso, o con características purulentas, esto puede indicar un proceso infeccioso; lo ideal es no inseminar este animal y solicitar valoración médica, para identificar qué ocurre. Dentro de todas los cambios físico-comportamentales que muestra la vaca en celo, el signo al cual se le debe prestar más atención ocurre cuando la vaca finalmente se queda estática y permite que otras vacas la monten (Cunningham & Klein, 2013).

Los animales deben ser observados idealmente por aproximadamente media hora, tres veces al día debido a que las vacas generalmente entran en celo en la noche. Sin embargo, en la práctica, lo más común es observarlas cada 12 horas; una hora temprano en la mañana y luego finalizando la tarde. A aquellos animales a los que el celo les fue detectado en la mañana, lo ideal es hacerles la monta o inseminación en la tarde, y en animales que han sido detectados en la tarde, al día siguiente temprano, pues ellas ovulan entre 8 y 12 horas después de observado el celo. No obstante, en vacas *indicus* o sus cruces la inseminación o monta natural se debe hacer inmediatamente posterior a la detección, debido a su precocidad en la ovulación (Ortiz et al., 2020).

4.4.2. ¿Cuál sería el momento ideal para servir la vaca?

En la práctica el momento ideal para servir una vaca es después de 9-12 horas, teniendo la hora cero como el momento en que se detectó el estro, o hasta seis horas después de finalizado el celo, debido a la vida media del oocito (óvulo) y el espermatozoide. El oocito es liberado alrededor de 10 horas una vez terminado el celo, y su vida media es de 6 a 10 horas. El espermatozoide, una vez en el tracto genital femenino, tiene que capacitarse antes de fecundar el oocito, proceso que lleva da 4 a 6 horas, y su vida media es de 24 horas (Cunningham & Klein, 2013).

De esta teoría se conoce en el campo la siguiente frase:

...Inseminar al comienzo del celo lleva a muerte del espermatozoide antes de fecundar el oocito, e inseminar tardíamente lleva a que el espermatozoide permanezca vivo, pero quien muere es el oocito...

Una manera de evaluar los animales para determinar el momento ideal de inseminación es por ultrasonografía transrectal para evaluar los ovarios, el diámetro folicular y la tonicidad del útero, y determinar, junto con los signos físicos del animal, el momento ideal para realizar la IA. En la literatura existe también un score o clasificación por puntos para determinar el momento de la ovulación por medio de los signos de comportamiento del estro. Esta puntuación consiste en otorgarle un número de puntos a cada uno de los signos asociados con el estro (entre más característico y asertivo el signo de celo, es asignado un mayor puntaje), de manera que cada vez que se observa un signo en el animal, se anota el puntaje, según el número de puntos asignado para cada signo (Galina & Orihuela, 2007). Si la suma de los puntos supera los 50 puntos (puntuación de 1 a 100) durante dos períodos de observación consecutivos de una vaca (cada periodo de 30 minutos), se considera que esta está en celo (Van Eerdenburg et al., 2002). La tabla 4 muestra la asignación de puntos para cada signo.

4.4.3. Métodos para detectar el celo

Con el objetivo de disminuir los errores cometidos y **NO** permitir que las vacas tengan días abiertos largos, existen varias herramientas que nos ayudan a detectar el celo en las vacas.

Métodos visuales

Tabla 5. Score o clasificación de puntuación para determinar el celo o estro.

Signo	Puntos
Descarga vaginal mucosa	3
Intranquilidad y nerviosismo	5
Olfatear genitales de otras vacas	10
Apoyo de la barbilla	15
Monta pero no se queda estática	10
Monta o intenta montar otras vacas	35
Monta la cabeza de lado sobre otra vaca	45
Monta estática	100

Parches con cápsula de colorante o cintas con tinta. Estos dispositivos son unos adhesivos que se colocan en la grupa (base de la cola) de las hembras y contienen una tinta o son como una cápsula de colorante que se rompe o exhibe con un color fluorescente cuando la vaca es montada. Así, en la vaca positiva se observa el tinte esparcido. Algunos ejemplos son el Estrus alert®, el estrotec® (cintas) y Kamar® (ampolla). Su efectividad está entre 50% y 94% cuando es complementado con observación visual. Sin embargo, varía de acuerdo con la raza, siendo efectivo para algunos rebaños y para otros no.

Crayón marcador. Se aplica en la base de la cola del animal. Si pasado un tiempo el marcador se observa esparcido, indicará que la vaca está en celo. Su efectividad oscila entre 81% y 95%.

Toros calentadores o celadores. Mediante procedimientos quirúrgicos se realiza en el macho la desviación de pene. El pene se transloca por un túnel lateral subcutáneo que le impedirá copular. Además, se les pone un arnés conocido comercialmente como Chin-Ball, que contiene un bolígrafo, y cuando el toro monta la vaca, le pinta el lomo (Hernández & Ortega, 2009).

Métodos no visuales

Se denominan así porque no están relacionados con cambios de conducta, sino con procesos fisiológicos.

Temperatura corporal. Es difícil de medir; para que sea eficaz, es necesario realizar varias mediciones en el día, así como llevar un registro que nos permita predecir el momento de estro, pero se puede ver influenciado por infecciones de la hembra o temperaturas elevadas en el ambiente.

Podómetros. Es un dispositivo que se coloca en una de las patas del animal. Mide el número de pasos que la vaca da durante el tiempo que posee el dispositivo emitiendo una señal de radio a un computador. Cuando el animal se encuentra inquieto se sospecha que está en celo. Comercialmente se encuentran Afikim® y Heat Seeker® que funcionan en tiempo real. Su eficiencia es de entre 52% y 92%; sin embargo, los costos son altos, y cuando el animal se encuentra en potreros la señal se puede perder.

Programas computacionales. Son métodos más complejos porque requieren de una inversión para tener el programa y los microchips. El dispositivo generalmente se coloca en la base de la cola del animal y los datos se van transmitiendo en tiempo real a un computador, para que el ganadero pueda observar el momento ideal de inseminar.

Químicos. Se trata de androgenizar una hembra con hormonas para que esta actúe como macho recelador.

En la actualidad, existen técnicas un poco más avanzadas para poder sincronizar el estro en un grupo de vacas y tener inseminaciones más exitosas y productivas. Esta técnica es

conocida como la inseminación a término fijo (IATF) y consiste en un tratamiento hormonal realizado en un grupo de vacas de manera sincrónica, con el fin de estimular el celo en un día determinado, una vez finalizado el protocolo hormonal (Hernández & Ortega, 2009).

4.4.4. Selección de hembras y machos para reproducción

Una correcta selección de hembras y machos en el plantel nos permitirá alcanzar una mejor producción. Todos los animales deben estar perfectamente identificados. Las hembras deben ser evaluadas constantemente, y lo ideal es llevar registros de todos los eventos que se van observando día a día, pues es importante identificar desde el momento en que las novillas entran en su pubertad y alcanzan el primer celo. Una vez identificadas las hembras en estado reproductivo, se deben realizar chequeos ginecológicos mediante observación de órganos externos y palpación rectal, con el fin de identificar anomalías en el aparato reproductivo o preñeces por robo. Previamente a la inseminación artificial, debe observarse que la hembra esté con el moco característico del estro. Este debe ser cristalino, viscoso y filamentoso, sin presencia de mal olor o alguna coloración. El buen estado de salud de las vacas también debe ser considerado, ya que este afectaría negativamente la fertilidad. De igual manera, es indispensable evaluar la condición corporal y el manejo nutricional que se le ofrece a cada animal (Robson et al., 2004).

En caso de que también se manejen toros, el ganadero debe hacer una correcta selección del toro que va a usar, para evitar pérdidas económicas. Estos deben también contar con excelentes condiciones nutricionales y de sanidad, y estar identificados. Cuando no se usan machos, sino pajillas, la compra de las pajillas debe estar acorde con las necesidades de la finca y de los animales por inseminar. Una selección incorrecta de machos o hembras tardará hasta tres años en conocerse, desde el momento en que se insemina a la vaca. Por eso, la importancia de realizar una selección adecuada de los animales que sea acorde con a las necesidades de cada productor.

4.4.5. Ventajas y desventajas de la monta natural y la IA

Como fue descrito al comienzo, la inseminación artificial es la deposición de semen en el tracto reproductivo femenino. Es una biotecnología ampliamente difundida y con algunas ventajas y desventajas frente a la monta natural.

Tabla 6. Características que contrastan la inseminación artificial con la monta natural.

Descripción	IA	Monta Natural
Observación de los animales	Ideal cada 12 horas (mañana y tarde)	Una vez al día
Proporción toro/vaca	1/ 240 vacas*	1 toro /20-30 vacas
Costos de manutención por toro	No aplica	Aumentan costos de alimentación y sanidad por toro
Personal calificado	Alta	Baja
Variabilidad de toros	Alta	Baja
Enfermedades venéreas	No aplica	Presente si no hay buen manejo
Planeamiento de partos**	Más eficiente	Escasa
Transporte de material genético	No aplica (pajillas)	Alto, transporte del toro reproductor
Selección de animales	Más acelerado	Lento
Conservación de semen	Excelente	No aplica (el toro muere)
Registros más seguros	Confiable	Dudoso
Consanguinidad	Baja	Alta

* De un solo eyaculado se consiguen hasta 240 pajillas.

**Planear los partos para épocas con mayor oferta nutricional.

4.4.6. Manejo del semen

Todas las pajillas de semen utilizadas para inseminar han sido evaluadas previamente. El semen en los toros es colectado por vagina artificial o por electro eyaculador. Independientemente de cuál sea la técnica, se evalúa el volumen del eyaculado, el color, olor y la presencia o no de sangre, pus o secreción extraña en el semen. Una parte del eyaculado se toma para evaluar las células espermáticas y el plasma seminal. En las células espermáticas se evalúan su morfología, movimiento y concentración, entre otras características, y en el plasma seminal, el pH. En promedio, un toro por eyaculado obtiene de 4-8 ml de semen con una concentración de 800 a 1.200 millones de espermatozoides por ml (Hernández & Ortega, 2009).

La otra parte del eyaculado es centrifugada para separar el plasma seminal de las células espermáticas. Investigaciones han comprobado que el plasma seminal no ayuda en los procesos de criopreservación, y por esto es descartado. Por otro lado, los espermatozoides se diluyen en un medio que mimetiza el plasma. Este medio contiene sustancias que ya han sido evaluadas y que protegen los espermatozoides durante los procesos de congelación



y descongelación. Además, la dilución del semen nos permite maximizar la inseminación artificial, ya que de un eyaculado se pueden obtener alrededor de 200-240 dosis de inseminación, con las que se puede servir a un número similar de vacas. La dilución se realiza siempre teniendo en cuenta la concentración de espermatozoides, de manera que una dosis de inseminación tiene alrededor de 20 a 30 millones de espermatozoides vivos al momento de la congelación. Terminada la dilución, los espermatozoides son empacados en pajillas de 0.25 o 0.5 ml, aunque la presentación más frecuente es la de 0.5 ml. Cada pajilla es debidamente marcada con el nombre del laboratorio, del toro, la fecha de colecta y la raza y el número de registro del animal. Posteriormente al empacado, las pajillas se someten a congelación mediante técnicas especiales, y finalmente, son almacenadas en nitrógeno líquido a una temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Hernández & Ortega, 2009).

4.4.7. Manejo del termo de nitrógeno.

El termo de nitrógeno es un recipiente especial utilizado para almacenar el nitrógeno líquido. Este está compuesto por una tapa, también conocida como plug, las perillas de agarre, el cuello (la parte más frágil del termo), el cuerpo y la base, conformados por materiales especiales para mantener la temperatura muy por debajo de cero. En su interior, el termo tiene los canister o canastillas, que son los cilindros metálicos donde se colocan los bastones, y los bastones son cilindros menores que las canastillas y es donde depositamos las pajillas de semen. Al igual que las pajillas, las canastillas deben estar bien identificadas para facilitar la correcta extracción de las pajillas a la hora de inseminar. Una demora en la extracción de las pajillas compromete la calidad seminal, debido a que en el cuello del termo hay diferentes temperaturas, como se observa en la imagen 8 (Robson et al., 2004).

Para garantizar la buena conservación del termo y su funcionamiento adecuado, es indispensable guardarlo en una caja de madera, con el fin de evitar el contacto directo con el suelo y prevenir así su corrosión; las paredes entre el termo y la caja deben ser idealmente rellenas de aserrín, goma o espuma, para evitar que el termo se mueva y protegerlo así de golpes. A la hora de llenar el termo, se aconseja utilizar un embudo y hacer el llenado lentamente, con el fin de evitar accidente por quemadura de nitrógeno y de lograr un enfriamiento progresivo (Robson et al., 2004).



Imagen 7. Estructura y componentes del termo de nitrógeno líquido. Fuente: <https://cutt.ly/Ew7wUj>

El termo de nitrógeno debe ser revisado frecuentemente para evitar pérdidas de nitrógeno. Con una regla especial que trae el equipo se mide el volumen de nitrógeno dentro del termo. Se abre la tapa del termo, se retira el tapón aislante y se introduce la regla, que se deja allí durante 20 segundos. Después, se retira y se espera unos segundos para ver la marca blanca del nitrógeno. Lo ideal es mantener el nitrógeno por encima de los 15 cm (Robson et al., 2004).

En los programas de inseminación, una de las causas más frecuentes y de fallas en los programas de inseminación es el manejo del termo. Motivo por el cual, siempre que se inicie un programa de inseminación es indispensable dudar del buen manejo del termo y realizar la evaluación aleatoria de algunas pajillas. Para esto se selecciona una pajilla por canastilla, se descongela y se observa la motilidad progresiva; de la que un semen bien manejado debe tener arriba de 30%; un semen con menos de 20% se considera no apto (Hernández & Ortega, 2009).



Imagen 8. Variaciones de temperatura en el cuello del termo de nitrógeno. Fuente: <https://cutt.ly/Iv7zck>

4.4.8. Equipo necesario para IA

- ✓ Guantes de palpación
- ✓ Lubricante
- ✓ Pistola de inseminación
- ✓ Pajillas (semen)
- ✓ Termo para descongelar con agua caliente
- ✓ Termómetro
- ✓ Tijeras o corta pajillas
- ✓ Funda protectora para la pistola
- ✓ Planilla de registro
- ✓ Lapiceros

4.4.9. Técnica de inseminación artificial

La hembra que va a ser inseminada debe estar inmovilizada, de tal manera que facilite la manipulación y ofrezca seguridad tanto para el animal como para los operarios. Sin importar si el inseminador es zurdo o diestro, es mejor palpar vía transrectal con la mano izquierda y manejar la pistola de inseminación con la mano derecha, esto debido a que el rumen de la vaca está ubicado al lado izquierdo y empuja ligeramente el aparato reproductor hacia la derecha. Por lo tanto es más fácil ubicar y manipular el tracto reproductor con la mano izquierda (DeJarnette & Nebel, 2009).

Con la mano enguantada se aplica un lubricante o agua para facilitar la entrada por el recto del animal sin causarle dolor. Si el inseminador tiene conocimientos de palpación, debe buscar cuál es el ovario que ovuló, o si está próximo a ovular, e identificarlo en la hoja de registros. Se evacúan las heces del recto y se hace un lavado de la zona vaginal y perineal. Al tiempo que otro operario realiza el lavado, el inseminador realiza la siguiente secuencia de eventos, como describen Robson et. al. (Robson et al., 2004):

- ✓ Preparar y verificar que el agua del termo para descongelar esté a 35 – 37 °C.
- ✓ Levantar la canastilla sin sobrepasar el cuello del termo.
- ✓ Extraer rápidamente con la pinza la pajilla que contiene el semen del toro elegido depositándola de inmediato en el interior del termo de descongelar.
- ✓ Tapar el termo de descongelación y controlar que transcurran 20 30 segundos.
- ✓ Mientras tanto, frotar la recámara de la jeringa para que se caliente.
- ✓ Transcurrido el tiempo de descongelación, extraer la pajilla, secarla con papel y verificar la identidad del toro y la posición del tapón mayor.
- ✓ Llevar hacia atrás el émbolo de la jeringa aproximadamente 12 cm e introducir la pajuela con el tapón mayor en la recámara.
- ✓ Cortar la pajuela en forma recta, dejando salir aproximadamente 1 cm del extremo de la jeringa.
- ✓ Aplicar la vaina y asegurarla firmemente con la arandela plástica.
- ✓ Colocarse el guante protector.
- ✓ Presionar suavemente el émbolo hasta que aparezca una pequeña gota de semen, para garantizar que el depósito está correctamente armado. La jeringa está lista para ser usada. La pajilla con la vaina colocada debe sobresalir un cm de la jeringa.
- ✓ Lubricar la mano y proceder a la IA.

Con la mano izquierda enguantada se hace la palpación y se toma el cérvix, con la derecha, se coge la pistola de inseminación y se introduce por la vagina en un ángulo aproximado

de 30° para evitar la uretra y la vejiga. Cuando la pistola se encuentra dentro de la vagina (aproximadamente 6-8 pulgadas), se levanta la parte trasera de la pistola hasta llegar a una posición casi horizontal. Se avanza más un poco hasta tocar la parte posterior del cérvix con la punta de la pistola. Una vez allí, se deja la mano derecha (que tiene la pistola de IA) quieta y con la izquierda se palpan los anillos del cérvix y se lleva el cérvix hasta la pistola (no al contrario).

El cérvix es definido vulgarmente como un cuello de pavo; su tamaño y número de anillos varía según el número de partos del animal y la edad. Generalmente, está conformado por tres a cuatro anillos. La cara externa del cérvix tiene una forma de bola de cono apuntando hacia la vulva, y dejando un espacio ciego conocido como fórnix. Todo buen inseminador debe saber en qué parte tiene la pistola de inseminar. Cuando se atraviesa la pistola por los anillos del cérvix, se llega al útero. Aquí la pistola se puede palpar; con la mano que está dentro del recto se verifica su posición y, si es un inseminador que conoce la anatomía y sabe cuál es el ovario que va a ovular u óvulo, este deposita el semen en el cuerno del mismo lado. Se retira lentamente la pistola de la vagina de la vaca y se verifica presencia de sangre en la punta de la pistola, pus o fugas de semen dentro de la funda. Verifique nuevamente y por última vez que utilizó el toro indicado, apunte en la hoja de registros, limpie la pistola, séquela y recoja todo el material que utilizó.

Uno de los problemas más comunes en la técnica de inseminación artificial es la ubicación de la pistola en el momento de depositar el semen; en ocasiones, esto puede pasar por cansancio del técnico, cuando ha inseminado varios animales, por inexperiencia del operario o por malformación del cérvix de la hembra, en el ganado cebuino el cérvix tiende a ser más tortuoso (Robson et al., 2004).

Actualmente, en el mercado es cada vez más común el semen sexado para bovinos. Este semen es más delicado en el manejo y descongelación, ya que durante el proceso de sexaje sufrió alteraciones bruscas de temperatura. Por esto, cuando se realiza inseminación con semen sexado, lo ideal es no solo garantizar que la hembra está apta y se le conoce bien su sistema reproductivo, sino también que el operario que realiza la inseminación conozca bien la anatomía y tenga experiencia suficiente para depositar el semen en el cuerno uterino donde se dio la ovulación, con el fin de aumentar las probabilidades de fertilización, ya que la concentración de espermatozoides (de dos a tres millones de espermatozoides por ml) es menor cuando se compara con un pajilla convencional (Hernández & Ortega, 2009).

4.4.10. Recomendaciones

- ✓ No descongelar más de una pajilla por vez.
- ✓ El tiempo de descongelamiento debe ser de 25-30 segundos a 35 – 37 °C.
- ✓ Si por un momento se descongeló la pajilla equivocada, esta debe ser descartada y no incorporada nuevamente en el termo.

- ✓ Antes de adaptar la pajilla en la pistola es ideal calentar con la mano la superficie.
- ✓ El corte de la pajilla debe hacerse en ángulo recto.
- ✓ Proteger con la mano el extremo de la pistola, para evitar cambios de temperatura hasta el momento de la inseminación.
- ✓ Si se realizan varias inseminaciones, se debe verificar la temperatura (de 35 – 37 °C) antes de descongelar la otra pajilla.

4.5. GESTACIÓN EN BOVINOS

Una buena vaca gestante tiene sus orígenes desde que es una ternera, incluso desde que está en el vientre de su madre. Ya que una gestación equilibrada donde la madre no presente problemas nutricionales, sanitarios y de manejo durante y posterior a la gestación, indicara una ternera saludable. Si esa ternera una vez nace, es mantenida en óptimas condiciones nutricionales, sanitarias y con un manejo adecuado, conseguiremos que la futura novilla llegue a la pubertad precozmente con mejores índices productivos y reproductivos. Y al final, esta novilla será una excelente vaca de reposición en el hato. De aquí la importancia de llevar una administración controlada de nuestras fincas, para garantizar resultados prometedores.

4.5.1. Desarrollo embrionario/fetal

La **gestación** en bovinos es el periodo en el cual, se da origen a un nuevo ser vivo dentro del vientre materno. Esta, comienza con la unión del oocito y el espermatozoide en la tuba uterina y finaliza con el proceso del parto. La gestación se divide en periodo embrionario, que comprende desde la fertilización hasta los 45 días de gestación y el periodo fetal que comprende desde los 46 días de gestación hasta el parto. Todo este proceso de gestación, también incluye las adaptaciones que la madre sufre, durante el desarrollo del nuevo ser vivo. En promedio, una gestación es de 285 días (9 meses), pero su duración es influenciada por factores maternos, fetales, genéticos y ambientales. La edad también altera este periodo, ya que las novillas pueden parir más temprano que las vacas adultas. Según las observaciones en campo, las gestaciones de mellizos y de hembras duran menos que las de machos (Bartolome, 2009).

Cuando el embrión tiene de cuatro a cinco días, pasa de la tuba uterina al útero, donde comienza a tener un crecimiento alargado. Al día 16, el embrión comienza a producir una sustancia conocida como interferón-tau, el cual avisa a la madre que está preñada, y de esta forma se bloquea la síntesis de prostaglandina del útero y asegura la permanencia del CL, que va a mantener la gestación mediante la producción de P4. Esta señal del embrión es conocida como “reconocimiento materno de la gestación”.

El CL, una vez recibe la señal del reconocimiento materno, continúa produciendo la P4 para mantener la gestación. A su vez, la producción de P4 estimula las glándulas endometriales para que secreten una sustancia conocida como leche uterina. Esta sustancia es absorbida por el blastocisto y el saco vitelino y será la encargada de nutrir el embrión hasta la formación de los placentomas. (Bartolome, 2009).

Entre los días 26 y 28 de gestación empiezan a aparecer ramificaciones o vellosidades corioalantoideas en el embrión, llamadas cotiledones, que se unirán a puntos específicos de la pared uterina, denominadas carúnculas. Estas estructuras, carúncula (materna) y cotiledón (fetal), una vez unidas, forman los placentomas que son los únicos puntos de intercambio materno fetal. Por este motivo, la placentación en bovinos es denominada placentación corioalantoidea. En este punto, la placenta sirve para suplementar oxígeno y nutrientes al feto, remover los detritos metabólicos, producir y secretar hormonas y otros factores de crecimiento fetal (Toniollo & Vicente, 2003).

Durante el periodo embrionario, es muy común la pérdida gestacional, y es una de las principales causas de las bajas tasas de gestación en los hatos, mejoramiento genético más lento y perjuicios financieros. Generalmente, se acepta una tasa de pérdida embrionaria de entre el 29% y el 39%.

Al inicio del periodo fetal (día 46), el feto incrementa su longitud de manera más rápida que su peso. Sin embargo, a partir del tercer trimestre de gestación esta situación se invierte; es decir, el crecimiento longitudinal disminuye y aumenta el peso, el feto crece del 70 al 75 por ciento total, por lo que necesita nutrientes extras (Correal, 2009). En este periodo existe un aumento en el depósito de calcio en los huesos por parte del feto, y aumenta la masa muscular y el depósito de tejido adiposo, una situación que incrementa los requerimientos energéticos. El feto tiene la capacidad de consumir el calcio de las reservas maternas, en caso de que este mineral no sea suministrado en la dieta de la madre.

4.5.2. Cuidados con la vaca gestante

Los requerimientos nutricionales de las vacas gestantes deben ser bien balanceados, ya que según Correal (2009), «es muy difícil levantar el peso de una vaca después de haber tenido la cría, puesto que las demandas de la lactancia y la fertilidad requieren de una buena nutrición». Cuando tenemos las vacas gestantes en potreros fértiles, donde hay un buen suministro de pasto verde, este pasto suministrará al animal la gran mayoría de los nutrientes necesarios. No obstante, la sal y otros minerales estarán ausentes, y por eso deben ser suministrados aparte. La sal debe ser siempre ad libitum.

La vitamina A, el calcio y el fósforo presentes en los pastos verdes de buena calidad, deben ser suministrados cuando se observan las pasturas muy amarillas o en temporadas de se-



quía, y especialmente durante la última parte de la gestación e inicio de la lactancia (último trimestre y tres meses de lactancia).

Algunas vacunas deben ser aplicadas durante la gestación y otra posterior al parto (tema abordado en la unidad de sanidad animal).

Durante el periodo preparto, es decir, el tiempo comprendido entre las últimas tres semanas de gestación y el parto, las vacas aumentan sus necesidades energéticas y proteicas debido al crecimiento fetal, mamario y a la síntesis de calostro. Contradictoria y paralelamente a esta necesidad, el consumo de materia seca disminuye cerca del 30 % con un aumento más marcado durante la última semana de gestación, pudiendo llegar a consumir el día previo al parto, solo entre 1,3 y 1,4 % de materia seca (Grummer et al., 2004; Hayirli et al., 2002). Esta situación lleva al animal a entrar en un balance energético negativo al final de la gestación, que, si no es tratado adecuadamente, será asociado con inmunosupresión y resultará en enfermedades del periparto e incremento del tiempo del intervalo hasta la consecuente inseminación. Estudios también han demostrado que vacas con balance energético negativo por bajo consumo de materia seca tienen mayor probabilidad de padecer enfermedades metabólicas e infecciosas durante la etapa posparto (Goldhawk et al., 2009; Urton et al., 2005).

4.5.3. Algunas estrategias para disminuir las alteraciones preparto

4.5.3.1. Movimiento de los animales (lotes)

Lo ideal sería agrupar las vacas secas (dos meses antes del parto) en dos lotes: el primero estaría compuesto por las vacas en las primeras cinco semanas preparto, y el segundo, por vacas en las últimas 3 semanas preparto. Esto debido a que, como ya fue descrito, las últimas tres semanas próximas al parto es el periodo más crítico en la gestación, ya que la vaca aumenta el tamaño de la ubre y se prepara para la producción del calostro, y el feto aumenta su crecimiento exponencialmente. La separación en lotes ayuda a controlar las necesidades de cada etapa.

Sin embargo, para realizar un adecuado movimiento de los animales de un lote a otro debemos tener presente que los bovinos, por ser animales sociales, forman jerarquías que se expresan principalmente en las horas de comer (Val-Laillet et al., 2008). Y cuando una vaca es llevada a un nuevo grupo ya formado, esta debe encontrar rápidamente su rango jerárquico para poder maximizar su consumo de alimento (Grant y Albright., 2001). Varios estudios ya han identificado que un animal, cuando entra en un lote nuevo, se lleva aproximadamente de dos a tres días para recuperar su rango jerárquico y su consumo de materia seca (Schirmann et al., 2011; Von Keyserlingk et al., 2008). En vista de esto, es aconsejable determinar un día de la semana para hacer la transferencia de varios animales de un lote a otro y no pasar uno por uno los animales próximos a parir.

4.5.3.2. Espacio de comedero

Cuando los animales se encuentran en la etapa de gestación, específicamente durante el final de la gestación, el tamaño del feto, la condición corporal y la anchura son mayores, razón por la cual se les debe brindar un espacio mayor en los comederos. Según las buenas prácticas de manejo ganaderos (NFACC, 2009), las vacas de lactación y secado deben disponer de 61 a 76 cm lineales de comedero respectivamente, para disminuir la competencia por comida entre las vacas. Un ejemplo de esto es el estudio realizado por el grupo de Nordlund et al., (2006), donde relataron que la producción diaria de vacas de primera lactación, cuando habían sido colocadas en el lote preparto con vacas adultas, disminuyó en 0.7 kg por cada 8 cm (por debajo de 76 cm) de disminución en el espacio del comedero.

4.5.3.3. Agua de bebida limpia y fresca

El agua constituye la mayor parte del peso animal, y como todos bien sabemos, es indispensable para la vida. Muchas funciones orgánicas, como la digestión, el transporte de nutrientes y la absorción, entre otras funciones, tienen al agua como el principal actor, por lo que esta resulta fundamental para el buen funcionamiento del organismo. En las prácticas ganaderas se aconseja un bebedero para cada 15 a 20 animales, aunque respetando siempre el estado fisiológico de cada animal.

Tabla 7. Consumo de agua diaria por animal según la temperatura climática, el estado fisiológico y el peso promedio. Cuadros en blanco sin datos.

Temperatura	Vaca lactando	Vaca seca	Animal crecimiento		Animal en terminación	
	409Kg	409Kg	108Kg	273Kg	364Kg	454Kg
14	55	31	19	25	34	41
21	64	37	22	30	41	48
27	68	--	25	34	47	55
32	61	--	36	48	66	78

Adaptado de Winchester y Morris, 1956 citado por NRC, 1996.



El respetar estas prácticas simples de manejo del parto resulta en mayor producción de leche en la lactancia, así como una reducción de las afecciones de periparto (Díaz & García, 2014).

4.6. EVALUACIÓN REPRODUCTIVA

Según Davis & White (2020), la demografía poblacional de la tierra aumenta cada vez más, estimando que se deberá realizar un aumento de al menos el 70% en la producción de alimentos para conseguir satisfacer las necesidades del consumidor. Obligando a los ganaderos a hacer más eficientes y sustentables sus producciones de carne y leche. Aunado a esto y a la facilidad de obtención de nuevos conocimientos por la conectividad global, el consumidor exige, además de alimentos de alta calidad, producciones sostenibles y con trazabilidad, es decir producir alimento con menos animales, menos agua y menos tierra, de tal manera que se mejore la calidad, se reduzcan las emisiones de gases provocadas por la ganadería y que se pueda observar la trazabilidad de los productos.

Para conseguir mitigar estas demandas y mejorar la sostenibilidad de los sistemas ganaderos bovinos es necesario hacer que nuestras ganaderías tengan un mejor rendimiento reproductivo y productivo, el cual solo podrá ser medido mediante las evaluaciones al hato. Una evaluación constante, detallada, y bien realizada con ayuda de profesionales capacitados, nos permitirá generar mejores ingresos, continuar con la producción y cubrir las necesidades del mercado.

4.6.1. ¿Qué es una evaluación reproductiva y para qué sirve?

Es una estimativa de parámetros de cada predio, recogidos (registros individuales o de lotes) por los operarios y/o ganaderos, que nos permite detectar los problemas presentes, valorar las actividades realizadas e identificar los rendimientos productivos y reproductivos del predio. También conocida como evaluación de eficiencia, tiene como objetivo el análisis del predio para una toma de decisiones oportunas y efectivas, proyectar metas y objetivos para el buen desempeño de los animales y obtención de lucros.

Según Sánchez (2010), algunos de los registros recogidos durante esta evaluación son eventos como:

- a) Edad Pubertad
- b) Edad al primer servicio

- c) Edad al primer parto
- d) Peso al nacimiento, al destete (sobreaño-carne)
- e) Intervalo entre parto servicio
- f) Intervalo entre partos
- g) Registros nutricionales y sanitarios
- h) Registros de manejo
- i) Registro de factores ambientales (temperatura, humedad, exposición a la luz)

Una recolección irregular de estos datos disminuye la calidad del cálculo de la eficiencia reproductiva, disminuyendo la posibilidad de tomar decisiones correctas.

Varios son los enfoques que se le pueden dar a una evaluación reproductiva o de eficiencia, sin embargo, la gran mayoría apuntan a la meta de obtener una cría por vaca/año, lo cual implica el estudio y entendimiento no solo de los aspectos anatómico-fisiológicos de los tractos reproductores, sino también el conocimiento de todos los factores que alteran el funcionamiento normal del sistema reproductivo de los bovinos.

4.6.2. Parámetros reproductivos

4.6.2.1. Edad a la pubertad (EP)

La pubertad es la edad a la cual la hembra cumple con las cualidades físicas y fisiológicas para el primer servicio y la concepción de un ternero. En otras palabras, podríamos decir que es la edad en la que el ovario tiene presencia de folículos, en especial, un folículo maduro, que hacia el futuro puede ser el que ovule y el que lleve al animal a manifestar visualmente signos del primer celo. Sin embargo, no todas las hembras manifiestan el celo, aun en presencia de estas estructuras, por lo que se recomienda un chequeo reproductivo por palpación retal y ultrasonografía.

$$EP = \frac{\text{fecha de nacimiento/fecha pubertad}}{\text{Numero de novillas}}$$



Tabla 8. Edad y peso promedio de hembras a la pubertad en diferentes razas bovinas

Raza	Edad (meses)	Peso Kg
Vaca lechera	8-13	160-270
Jersey	8	160
Holstein	11	270
Angus	11	310
Simental	12	359
<i>Bos taurus</i> (carne)	10-15	300-320
<i>Bos indicus</i> (carne)	17-23	330-350

Para los **machos**, al igual que para las hembras, la pubertad es la edad en la cual tienen toda su capacidad para reproducirse. En ellos, la pubertad está relacionada con el tamaño de la circunferencia escrotal (CE- 28cm en promedio), el tamaño testicular y la producción de espermatozoides (motilidad del 10 % y más de 50 millones de espermatozoides por eyaculado).

Es importante destacar que ambos machos y hembras deben tener una evaluación física en la que se evalúe la conformación general, los órganos sexuales internos y externos (palpación y ecografía) y la presencia de libido.

Para tomar la medida de la circunferencia escrotal, es aconsejable inmovilizar el animal en un brete, con el fin de garantizar seguridad tanto al toro como a los operarios. Se palpan los testículos y se observa presencia de dolor, malformaciones e irregularidades. Ambos testículos se empujan levemente hacia abajo buscando que queden simétricos y se sujeta suavemente todo el paquete del cordón testicular, como se observa en la Figura 9. El dedo pulgar debe quedar en la cara lateral del escroto, y el índice, en la otra cara (colocar los dedos índice y pulgar en las caras craneales y caudales empuja los testículos en sentido lateral, causando errores de medida). Con la otra mano se toma la medida por medio de una cinta métrica, en la parte más ancha de los testículos, y la medida es anotada en la hoja de registros.

Imagen 9. Método correcto para realización de la medida de circunferencia escrotal
Fuente: Australia Cattle Veterinarians, Veterinary Bull Breeding Soundness Evaluation, 2013



** Las razas *Bos indicus*, tanto en hembras como en machos, tienden a alcanzar la pubertad a edades mayores que las razas *Bos taurus*.

Tabla 9. Medida de circunferencia escrotal mínimo recomendado según la edad.

Edad	CE (cm)
<15 meses	30
>15 <18	31
>18 <21	32
>21 <24	33
>24	34

Fuente: Alexander, (2008); Kennedy et al., (2002)

4.6.2.2. Edad al primer servicio (EPS)

Está estrechamente relacionada con la edad a la pubertad. Es definida como la edad en que es servida por primera vez la hembra, y en la cual ya ha alcanzado la madurez sexual. No todas las novillas que llegan a la pubertad han alcanzado un desarrollo de su sistema reproductivo, y la edad al primer servicio puede darse dos ciclos posteriores al inicio de la pubertad. Las novillas *Bos taurus* alcanzan su primer servicio a los 30 meses, por su parte, las *Bos indicus* son más precoces, y a los 18 meses ya han alcanzado su primer servicio. En relación con el peso, lo indicado es que las *Bos taurus* tengan ± 290 Kg y las *Bos indicus* de 310 a 340 Kg para poder ser servidas. Sin embargo, cabe resaltar que existen diferencias entre razas y cruces.

EPS= suma de las edades al primer servicio (fecha de servicio-fecha de nacimiento)

Número total de novillas servidas

4.6.2.3. Edad al primer parto

Este índice tiene una relación estrecha con la edad al primer servicio de las novillas, y al igual que los índices anteriores, depende principalmente del manejo y la alimentación proporcionada durante la etapa de crecimiento del animal. Se cree que este índice ha sido muy descuidado, y en consecuencia, ha creado excesos o defectos. Es decir, novillas que sean preñadas aún en fase de crecimiento producirán crías débiles, y eso lleva a una demora mayor en el intervalo entre el primero y segundo parto; el caso contrario ocurre en novillas viejas, es decir, que tardan en quedar preñadas. Lo ideal es que la edad al primer parto tenga una relación estrecha con la edad de la pubertad, para asegurar que la novilla esté lo suficientemente madura para soportar la gestación y el estrés lactacional.

$$\text{EPP} = \frac{\text{Sumatoria edades al primer parto en meses o días}}{\text{Número de novillas al primer parto por periodo analizado}}$$

Tabla 10. Edad al primer parto en meses de algunas razas y cruces.

Raza	Índice
Holstein x brahman	2.4 -2.6
Holstein x criollo	3.1
Brahmán	3
Pardo suizo x Brahman	2.8
Criollo (CCC-BON) x Brahman	2.8

4.6.2.4. Porcentaje de preñez (PP)

Este índice también es conocido como el porcentaje o tasa de no retorno a los 60 días (BR60d) Usualmente, se determina con el diagnóstico de gestación por palpación o ecografía, a los 40 o 60 días de gestación. Posteriormente al servicio, sea este por monta natural o por inseminación artificial, el animal puede presentar varios eventos. El primero y más deseado sería un diagnóstico de gestación positivo. No obstante, como ya vimos en capítulos anteriores, el embrión tiene una alta tasa de mortalidad los primeros 45 días, y su muerte lleva a la hembra a presentar un nuevo celo. Para calcular este índice, se debe calcular el número de vacas preñadas o vacas que no retornan al celo a los 60 días post-servicio con relación al número de vacas expuestas a toro o inseminadas.

$$\text{NR60d} = \frac{\text{Número de vacas gestantes o NR60d}}{\text{Número total de vacas servidas dentro del mismo periodo}} \times 100$$

Con respecto a este índice de porcentaje de preñez cabe anotar que se acepta en las novillas un porcentaje mayor, debido a que en ellas este índice está relacionado con la edad a la pubertad. Y una novilla puede tardar más para estar apta en todos los sentidos (visualmente y por examen físico-palpación y/o ecografía) para su primer servicio, sea monta natural o inseminación.

4.6.2.5. Intervalo entre partos (IEP)

Es definido como el tiempo que hay entre un parto y otro en un mismo animal. Es considerado una de las mejores maneras con que se evalúa la eficiencia reproductiva individual de la vaca.

Este intervalo es conformado por un periodo de tiempo constante, la duración de la gestación (285-292 días o 9 meses), y otro periodo conocido como días vacíos (Fialho et al., 2018). Según Pareja (1990), el intervalo en condiciones normales se puede clasificar en excelente; animales con menos de 410 días (13,6 meses), satisfactorios; animales con entre 411 y 540 días (13,6 a 18 meses) e insatisfactorio; animales con más de 541 días (mayor de 18 meses).

En sistemas doble propósito se considera que el intervalo entre partos es más prolongado, supera los 16 meses.

4.6.2.6. Servicios por concepción

Indica cuántas veces la hembra fue servida para llegar a estar preñada. Este parámetro nos permite identificar 1) problemas fisiológicos de la hembra durante el desarrollo embrionario temprano y la implantación, 2) si existe algún factor externo, como manejo, nutrición o temperatura, que esté influyendo en la fase inicial de la gestación y 3) problemas de fertilidad en el macho, cuando es por monta natural, o en el manejo de las pajillas, si es por inseminación. Este parámetro se puede calcular por un periodo determinado de forma individual o grupal, y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{SC} = \frac{\text{Número de servicios por IA o monta natural de vacas preñadas}}{\text{Número de vacas confirmadas preñadas}}$$

4.6.2.7. Días vacíos (DV)

Es también denominado días abiertos (DA) o intervalo parto concepción (IPC); indica el tiempo que existe entre el parto y el día en que la hembra queda nuevamente preñada (diag-

nóstico de gestación positivo). Es un índice importante, ya que refleja la eficiencia en la detección de celos por los operarios y la fertilidad de la hembra, aunque también es importante tener en cuenta que se puede ver influenciado por factores externos como, malnutrición o estrés calórico. Se reportan varias formas de cálculo, en función de la denominación (González, 2001).

$$DV \text{ en vacas paridas} = IPP - 285$$

$$DV \text{ en vacas no servidas} = (\text{intervalo entre la fecha de partos y la fecha de examen vacío} + 21)$$

$$DV \text{ en vacas servidas o preñas} = IPS + 11$$

IPC = suma total de intervalos entre parto y concepción en vacas gestantes

Número de vacas gestantes

Otros conceptos asociados a la evaluación o eficiencia reproductiva son:

- ✓ Peso del ternero al nacimiento
- ✓ Edad y peso al destete
- ✓ Condición corporal

Tabla 11. Índices reproductivos más comunes y sus valores óptimos bajo circunstancias ideales.

Índice reproductivo	Valor Ideal	Valor por considerar
Promedio de edad al primer parto	24 meses	<24 o >30 meses
Intervalo entre partos	12,5- 13 meses	>14 meses
Índice concepción al primer servicio novillas	65 a 70%	<60%
Índice concepción al primer servicio vaca lactante	50 a 60%	<40%
Servicios por concepción	<1,7	>2,5
Promedio de días al primer celo observado	<40 días	> 60 días
Promedio de días de vacía al primer servicio	45 a 60 días	>60 días
Vacas que conciben con menos de tres servicios	>90%	<90%
Vacas con intervalo entre servicios de 18 a 24 días	>85%	<85%
Promedio de días abiertos (vacía)	85 a 110 días	>140 días
Vacas vacías por más de 120 días	<10%	>15%
Duración del periodo seca	50 a 60 días	<45 o >70 días

** Varía según las razas o cruces.

Fuente: Ortiz et al., 2005; Wattiaux, 2009; Sánchez, 2010.

El respetar estas prácticas simples de manejo del parto resulta en mayor producción de leche en la lactancia, así como una reducción de las afecciones de parto (Díaz & García, 2014).

4.7. SELECCIÓN DE RECEPTORAS

Las hembras bovinas receptoras son aquellos animales que poseen características y capacidades necesarias de recibir un embrión y llevarlo a término exitosamente hasta su nacimiento o/y destete. Recordemos que el embrión transferido en las receptoras viene de las hembras donadoras, que son las hembras con alto valor genético a las cuales se les realizan diferentes técnicas biotecnológicas, como la superovulación y producción de embriones in vitro para acelerar su eficiencia genética. Uno de los pilares, el 70 % del éxito de los programas de PIVE es la selección y el manejo de receptoras. Una selección bien realizada funcionará como una garantía para que el procedimiento funcione de la mejor manera y con resultados exitosos. Al realizar la selección, se busca preferiblemente que las receptoras y donadoras sean del mismo predio, ya que se conocería el estado productivo y reproductivo de dichos animales. Sin embargo, en la gran mayoría de las propiedades donde están las donadoras no se encuentran las receptoras, y por este motivo saber seleccionar las receptoras es de vital importancia. En vista de esto, el siguiente capítulo enseña sobre la importancia de las receptoras y muestra algunos parámetros para realizar una buena preselección.

4.7.1. Como seleccionar las receptoras

La selección de estas debe ser realizada con la ayuda de un médico veterinario, que evaluará más a fondo el estado reproductivo, nutricional y sanitario del animal. Sin embargo, como dueños de los animales, podemos comenzar a hacer una preevaluación de las hembras, para garantizarles alimentación y planes sanitarios adecuados y oportunos.

Las receptoras deben presentar un buen estado de salud (apariencia física normal) y estar vacías, es decir que durante la evaluación del estado reproductivo NO este gestante y que no haya sido ni servida ni expuesta a toro recientemente- 30 días antes de la selección.

En vista de que la nutrición es uno de los pilares de la reproducción deben ser constantemente evaluadas en su condición corporal, ya que esta refleja el estado nutricional del animal. La condición corporal nos da una idea de cómo están funcionando la fisiología de las hembras, su sistema endocrino, los ovarios y la calidad de oocitos, embriones e involución uterina. Una condición corporal adecuada le garantiza al animal reservas de energía para el proceso de parto, mejora las tasas de preñez y le ofrece al animal una mejor respuesta en el proceso posparto, donde son comunes los balances energéticos negativos. Animales con



exceso de peso corporal (común en las ganaderías de carne), presentan mecanismos de bloqueo hormonal, que van a dar como resultado una inactividad ovariana.

Ahora bien, para realizar la evaluación de la condición corporal existen diversos métodos de calificación; en la Tabla 12 observaremos dichas calificaciones. No en tanto antes de evaluar la condición corporal de los animales es necesario recordar o aprender algunos puntos anatómicos que servirán de parámetros para dar una calificación a cada animal. En la Figura 3, se observan las áreas que se evaluarán.

La condición corporal ideal de una receptora se encuentra en el rango de 3.0 a 3.5 (escala de 1 a 5).

Tabla 12. Grados de condición corporal escala 1 a 5.

Áreas	1	2	3	4	5
*Lomo, apófisis espinosa *Apófisis transversas (costillas cortas)	Muy prominentes al tacto. Fácilmente palpables.	Pueden palparse, pero no son tan prominentes. Son aun fácilmente palpables.	No son visibles, pero pueden palparse. Son bien cubiertas, pero pueden ser pellizcadas.	Son bien cubiertas. Son palpadas bajo fuerte presión.	Apariencia redondeada por áreas de tejido graso.
Huesos de la cadera	Muy prominentes.	Prominentes pero algo cubiertos.	Visibles, pero no prominentes y bien cubiertos.	No visibles y bien cubiertos.	No visibles y muy bien cubiertos.
Base de cola Áreas anexas Estructuras óseas	Están muy hundidas. Prominentes.	No son huecas. Visibles, pero no prominentes.	Ligeramente redondeadas. Cavidades a los lados de la cola han desaparecido. Tejido graso visible.	Área redondeada por tejido graso a ambos lados de la cola, que se mueven al caminar el animal.	Polizones a ambos lados de la cola.
Costillas	Prominentes. Pueden palparse individualmente.	Ligeramente prominentes. Pueden palparse individualmente.	Pueden ser individualmente distinguidas. Capas de tejido graso palpable.	Difícil de separar. Los flancos tienen aspecto esponjoso.	Costillas no palpables. Flancos muy esponjosos.
Estado general	Emaciado.	Delgado, pero saludable.	Condición media.	Ligeramente gordo. Tejidos grasos se mueven al caminar.	Muy gordo. Marcha ondulante.

Cada grado equivale aproximadamente a unos 50-70 Kg, dependiendo del tamaño del animal

Fuente: Lowman, 1976; Van Niekerk y Louw, 1980.

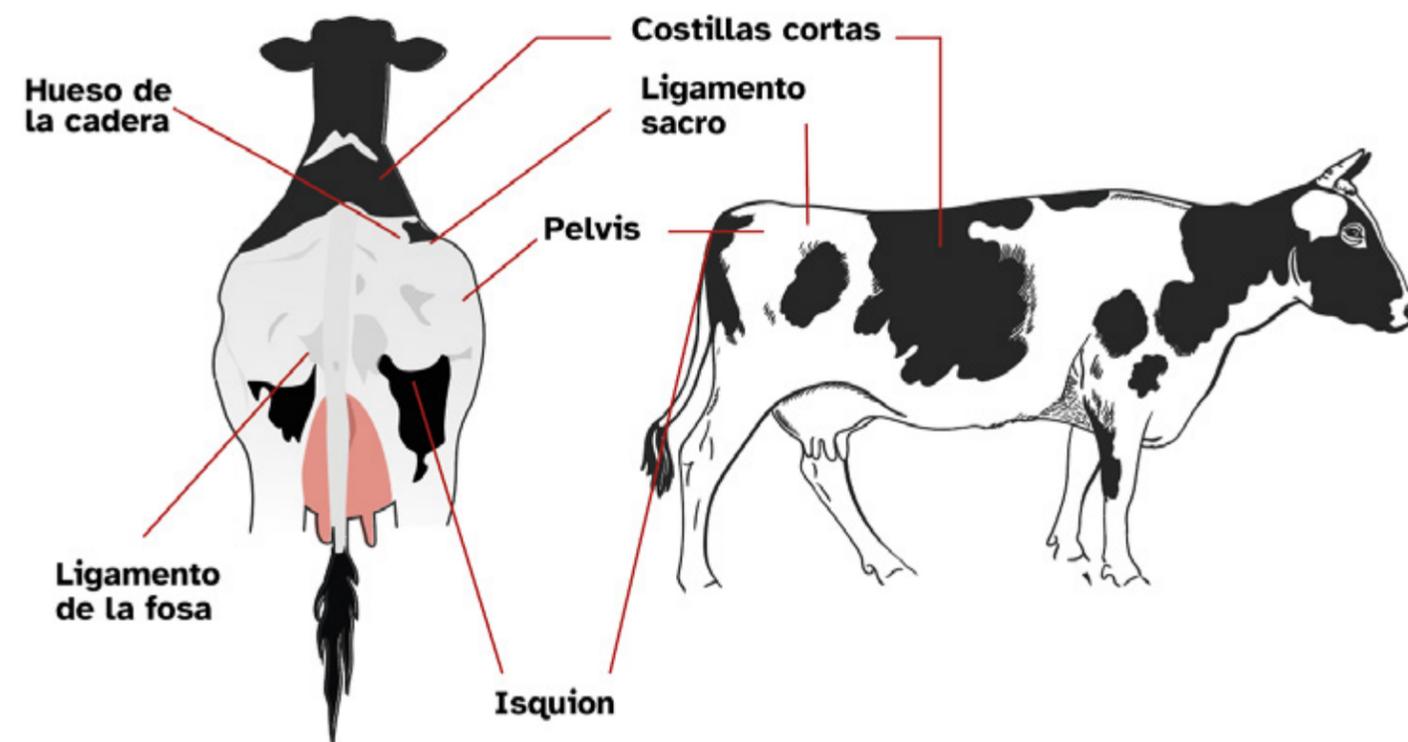


Figura 3. Puntos anatómicos claves para realizar la evaluación de la condición corporal.

De igual manera, se debe evaluar en la receptora la presencia de ectoparásitos, las condiciones sanitarias y el plan de vacunación reglamentado, de tal forma que le transfiera inmunidad al ternero que está recién nacido por medio del calostro, toda vez que el calostro se convertirá en la primera línea de defensa frente a enfermedades. En la tabla 13 encontramos el plan sanitario para la especie bovina. Es ideal a los seis meses de edad vacunar las hembras con la vacuna contra enfermedades reproductiva, la cual comprende IBR- DVB- IP3- ERSB y leptospira. No en tanto si una receptora no fue vacunada se aconseja vacunar con dos dosis a intervalos de xx días, y que el tiempo entre la última aplicación y la sincronización sea de mínimo 20 días. Además, es indispensable que los animales tengan control de endoparásitos y ectoparásitos recientemente, ya que luego de iniciado el protocolo de sincronización se aconseja no realizar ningún tipo de manejo que genere estrés en el animal, para evitar interferencias en las tasas de gestación.

Tabla 13. Plan sanitario para bovinos del departamento del Caquetá. Fuente: proyecto genómico, Caquetá.

Vacunaciones	Adulto	Observaciones
Fiebre Aftosa	2 veces al año	Sujeto a calendario final
Estomatitis Vesicular	2 veces al año	Vacunación indicada de zonas endémicas o en riesgo. Asesoría ICA.
IBR-DVB-PI3-BRSV Rinotraqueelitis Bovina infecciosa Diarrea Viral Bovina Parainfluenza 3 Virus Respiratorio Sincitial Bovino	Una vez al año	
Rabia	Una vez al año	Vacunación indicada en zonas endémicas o en riesgo. Asesoría ICA
Carbón Sintomático edema maligno y otras clostrisiosis	Una vez al año	
Botulismo	Una vez al año	Vacunación indicada en zonas endémicas o en riesgo. Asesoría ICA
Brucelosis	Una vez al año	Se recomienda Vacunar con cepa RB-51 para evitar interferencia con el diagnóstico (sujeto a ciclos de vacunación establecidos por el ICA)

Si dentro de los animales que se seleccionarán para receptoras existen novillas, se buscare que sean hembras con entre 18 a 20 meses o hembra que haya alcanzado su estado de madurez sexual y reproductiva y que tenga un peso promedio de 320 Kg o más (dependiendo de las razas). Para el caso de vacas paridas, se seleccionan los animales que han completado un periodo mínimo de 30 días posparto y que presenten condiciones corporales entre 3.0 y 3.5.

Una vez seleccionadas las receptoras, se hace, con la ayuda de los médicos veterinarios, una palpación rectal con ayuda de una ultrasonografía para evaluar la condición del útero y los ovarios y determinar si la hembra está o no en condiciones adecuadas para alojar un embrión y llevar a cabo la preñez. Se buscará que sean hembras ciclantes, es decir animales con presencia de un CL o un folículo dominante (8mm), sin patologías presentes, buena conformación del cérvix y en el caso de vacas paridas se verificara que el animal haya superado su fase de involución uterina y anestro pos parto.

Además de estos parámetros, existen otros parámetros que deben ser también evaluados caso se cuente con registros en la finca, algunos de ellos son: Habilidad materna, producción de leche, problemas pre y por parto entre otros.

4.7.2. Factores que afectan la tasa de gestación de las receptoras de embrión

4.7.2.1. Presencia y tamaño del cuerpo lúteo (CL)

A la hora de realizar la transferencia del embrión, las receptoras deben ser evaluadas por un médico veterinario o un técnico que tenga habilidad en palpación rectal. Por medio de ecografía transrectal y con posterioridad a la sincronización de la donadora con la receptora, se evalúa la condición del útero y la presencia de un CL en uno de los ovarios. Como ya hemos descrito en el transcurso de la cartilla, el CL es la estructura principal que mantiene la gestación y proporciona informaciones importantes sobre el estado reproductivo de la hembra bovina.

El tamaño del CL es una de las características por ser evaluadas. Sin embargo, esta debe ser evaluada con la ayuda del ecógrafo porque por palpación rectal se obtienen resultados contradictorios, debido a la baja sensibilidad. Es decir, se palpa un CL pequeño y creemos que no es el adecuado, pero en realidad tiene la mayor parte de su estructura interna en el ovario, o por el contrario, se palpa un CL muy grande, pero al ser evaluado por ecografía se comprueba que tiene poca estructura interna en el ovario. Por este motivo, es aconsejable evaluar con la ayuda de un ecógrafo, ya que este permite evaluar el tamaño real del CL, y en caso de que este tenga modo Doppler, se puede evaluar además la irrigación del CL (Vasconcelos et al., 2001).

Algunos investigadores afirman (Vasconcelos et al., 2001, Fernades y Velasquez 1997) que la manera más eficiente de evaluar el CL por palpación rectal es evaluando la masa luteal, con el fin de identificar el volumen aumentado que el CL proporciona al ovario en el que está presente.

4.7.2.2. Factores climáticos

Los climas tropicales con altas temperaturas y humedad disminuyen considerablemente la eficiencia de los mecanismos que tienen los animales para perder calor, y causan que se eleve el estrés térmico y que se disminuyan la eficiencia productiva y la reproductiva del animal (Torres Junior et al., 2008). Los folículos del ovario son muy sensibles a altas temperaturas internas y alteran el desarrollo folicular, que en el futuro afectarán el desarrollo del CL y la producción de progesterona.

Un ambiente confortable para los animales es aquel en el que el animal consiga eliminar el calor generado por su metabolismo sin perjudicar su homeostasis. Por esto es importante proporcionarles a los animales un espacio confortable, con sombra y agua fresca y abundante.

4.7.2.3. Diferencias raciales

Existen grandes diferencias entre las razas *Bos Indicus* y las *Bos Taurus*, algunas de ellas están resumidas en la Tabla 14.

Tabla 14. Diferencias raciales que afectan la tasa de gestación en bovinos.

Características	<i>Bos taurus</i>	<i>Bos indicus</i>
Metabolismo más lento		X
Estro corto con mayor incidencia nocturna		X
Dos o tres ondas foliculares	X	
De 2 a 4 ondas por ciclo		X
Mayor número de folículos para aspiración		X
Mayor precocidad para pubertad	X	
Mayor producción de progesterona		X
Mayor eficiencia para regular la temperatura corporal		
Ovulación de forma más precoz		X
Embriones con mayor desenvolvimiento		X
Gestación 10 días más prolongada		X

Fuente: Honorato et al., 2013.

4.7.3. Sincronización de receptoras

Una vez cumplidos los requisitos antes mencionados y realizada la selección de las receptoras, se inicia el procedimiento de sincronización, que consiste en la aplicación de diversas hormonas que tiene como objetivo final hacer que las hembras receptoras se sincronicen con la donadora para recibir un embrión de siete u ocho días de gestación. Es decir que, si se implanta o transfiere un embrión de 7 días, la receptora tenga un sistema reproductivo acorde con una gestación de siete días. Todo el proceso previo a la transferencia es realizado en el laboratorio y es conocido como producción in vitro de embriones bovino.

Una vez el animal termina su protocolo de sincronización, el embrión es transferido aproximadamente el día 17 después de iniciado el protocolo y futuramente en los días 40 y 60 se realizará chequeo reproductivo para verificar el diagnóstico de gestación.

Gran parte del éxito (70% como ya descrito) de los programas de producción de embriones in vitro depende de la selección y del manejo de las receptoras. Por tal motivo es indispensable aplicar los conocimientos adquiridos con ayuda de profesionales para garantizar producciones satisfactorias en ganadería bovina.

4.8. PRODUCCIÓN DE EMBRIONES IN VITRO DE BOVINOS (IVEP)

4.8.1. Qué es la IVEP

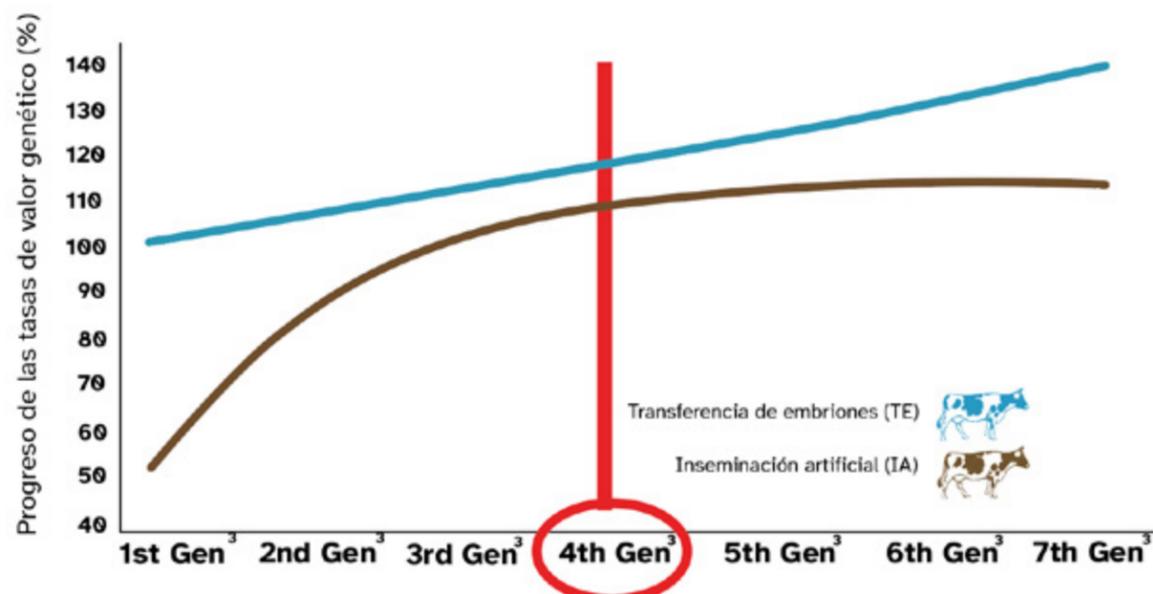
La producción de embriones in vitro, también conocida como IVEP, del inglés *in vitro embryo production*, o como FIV, de fertilización *in vitro*, es una biotecnología que sirve como herramienta para el mejoramiento genético. Esta produce embriones en el laboratorio, siempre intentando imitar el proceso fisiológico del animal. Durante esta técnica, las incubadoras reemplazan el útero de la vaca donde ocurre todo el proceso de maduración oocitaria, fertilización de gametos y desarrollo inicial del embrión.

4.8.2. Por qué es importante la IVEP

En el mundo actual con el incremento de la población y las exigencias de los consumidores por carne, leche y sus derivados de alta calidad, de los cuales además sea posible la trazabilidad, los ganaderos se ven cada vez más comprometidos. Uno de los objetivos en las ganaderías, además de buscar que sean bio sustentables, es la generación de productos de alta calidad y no alta cantidad. Sin embargo, para cumplir con estos objetivos es indispensable maximizar el potencial reproductivo de los animales, aumentando el número de crías (descendencias), disminuyendo el intervalo entre generaciones y acelerando el mejoramiento genético.

En la siguiente figura se observa un comparativo entre la aplicación de IA y de IVEP con respecto a su eficiencia en el tiempo.

Figura 4. Tasa de progreso genético usando la técnica de transferencia de embriones y la técnica de inseminación artificial. Fuente: conferencia maximilk



4.8.3. Ventajas

- ✓ Acorta el intervalo generacional (más crías por animal)
- ✓ Nos ayuda a evaluar la capacidad fertilizante de los gametos
- ✓ Nos ayuda a difundir semen de toros valiosos y escasos
- ✓ Impide el descarte precoz de hembras
- ✓ Mejor control de enfermedades
- ✓ Nos permite crear bancos de gametos de líneas superiores (oocito y espermatozoides)
- ✓ Facilita importar y exportar material genético de alta calidad
- ✓ No es necesario el uso de hormonas en las donantes (varios estados fisiológicos)
- ✓ Mejor adaptación de los terneros al nacimiento (climas)
- ✓ Producción de embriones a gran escala, independientemente del valor genético

4.8.4. Desventajas

- ✓ Se requiere de una inversión para laboratorio, equipo de campo
- ✓ Logística para el envío de los oocitos aspirados y de los embriones para transferir
- ✓ Operarios altamente calificados y con experiencia
- ✓ Bajas tasas de concepción

4.8.5. Técnica

Podemos dividir esta técnica de producción de embriones in vitro en tres partes:

1. **Campo parte I**, selección de donadoras y aspiración folicular OPU del inglés *Ovum pick up*.
2. **Laboratorio**, clasificación de oocitos, maduración de oocitos, fertilización *in vitro*, cultivo embrionario, clasificación de embriones y crío preservación y/o empaque.
3. **Campo, parte II**, selección de receptoras, sincronización y transferencia de embriones.

La selección de donadoras generalmente es realizada por el propietario y al médico veterinario le queda la opción de evaluarla para luego aceptarla, si está en las condiciones ideales. Una vez seleccionada la donadora, se programa el día para realizar la aspiración. Previamente al proceso de aspiración se evalúa el tracto reproductivo, se retiran las heces de la ampolla rectal, se lava toda el área vaginal y perineal y se realiza asepsia de la región de la cola para aplicación de lidocaína al 1%. En cuanto la lidocaína hace efecto, se organiza el equipo para aspiración, la guía de aspiración, la bomba de vacío y el ecógrafo, entre otros.

Con la mano izquierda se realiza palpación rectal en búsqueda de los ovarios, y una vez asegurados estos con la mano, se introduce por vía vaginal la guía de aspiración acoplada y se procede a hacer la aspiración de todos los folículos presente (en ambos ovarios). En un tubo falcon con medio de cultivo van cayendo todas las estructural aspiradas (oocitos). Posteriormente a la aspiración folicular, el contenido de la aspiración es lavado y filtrado para facilitar la búsqueda y clasificación de oocitos. Realizada la selección los oocitos, estos son llevados al laboratorio donde serán colocados en incubadoras (útero) para que se dé la maduración oocitaria.

Durante la maduración oocitaria (24 horas) los oocitos se desenvuelven para ser aptos y ser fertilizados por los espermatozoides. Previamente a terminar las 24 horas de maduración, se prepara el semen que será utilizado, se evalúa su concentración y motilidad y se realiza la fecundación in vitro (co-cultivo de espermatozoides con oocitos). El periodo de co-cultivo de los espermatozoides con los oocitos es de 17 a 20 horas, pasado este tiempo se realiza un lavado de los oocitos y los presuntivos cigotos son colocados en otra placa con medio de cultivo y llevados nuevamente para incubación por tres días. Al tercer día, se evalúa el desenvolvimiento de los presuntivos cigotos (clivaje) y se les cambia el medio de cultivo por otro nuevo, y se dejan nuevamente en la incubadora hasta pasar siete días (el día de la fertilización se toma como día 0).

Pasados los siete días, los embriones se evalúan y clasifican, y aquellos embriones viables son empacados o criopreservados para luego ser transferidos a las receptoras. Recordemos que las hembras receptoras fueron seleccionadas previamente a todo este proceso realizado en laboratorio, y que durante esa selección se les aplicaron los protocolos de sincronización, es decir, se les aplicaron hormonas para que estuvieran sincronizadas con la edad del embrión (siete días).

Recordemos que los embriones se pueden empacar en fresco o ser criopreservados; si son frescos, se transfieren casi de la misma forma en que se realiza una inseminación artificial. Ya cuando son criopreservados, se debe realizar todo un proceso de descongelamiento, evaluar la viabilidad y ser transferidos. Finalizado todo este proceso, se esperan entre 20 o 30 días (depende de la habilidad del médico veterinario) y se realiza el diagnóstico de gestación. Si el diagnóstico resulta positivo, se continúa con un seguimiento hasta los 60 días, toda vez que ese periodo inicial es cuando se presentan las mayores tasas de pérdida embrionaria. Si durante el diagnóstico de gestación se tiene un resultado negativo la hembra, es evaluada por el médico veterinario quien determinará si se selecciona para una futura transferencia.

El éxito final de la PIVE dependerá de varios factores tales como: cantidad y calidad de los oócitos, preparación de medios, agilidad durante los procesos realizados a campo y en el laboratorio, conocimiento de las bases fisiológicas y anatómicas del sistema reproductivo, responsabilidad y entusiasmo del operario y finalmente, pero no por eso menos importante de la adecuada selección y manejo de las receptoras.

4.9. REFERENCIAS

- Acuña, V. (2007). Compendium de reproducción animal. *Montevideo: Intervet*.
- Alexander, J. H. (2008). Bull breeding soundness evaluation: A practitioner's perspective. *Theriogenology*, 70(3), 469-472.
- Araújo, G. A. (2018). *Endocrinología y reproducción en novillas*. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/endocrinologia-reproduccion-novillas-revision-t39589.htm>
- Bartolomé, J. (2009). *Endocrinología y fisiología de la gestación y el parto en el bovino*. Buenos Aires.
- Beach, F. A. (1976). Sexual attractivity, proceptivity, and receptivity in female mammals. *Hormones and behavior*, 7(1), 105-138.
- Correal, H. (2009). *Cuidado de la vaca en gestación*. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/cuidado-vaca-gestacion-t27807.htm>
- Cunningham, J. G., & Klein, B. G. (2013). *Fisiología veterinaria* (4ª ed.). Elsevier.
- DeJarnette, M., & Nebel, R. (2009). *Inseminación artificial en bovinos*. <https://rasdarm.blogspot.com/>
- Davis, T. C., & White, R. R. (2020). Breeding animals to feed people: The many roles of animal reproduction in ensuring global food security. *Theriogenology*, 150, 27-33.
- Díaz, F., & García, A. (2014). *Manejo de las vacas durante el parto*.
- Dyce, K. M. (2004). *Tratado de anatomía veterinaria*. Elsevier Brasil.
- e Silva, E. V, Ferreira, B. X., Queiroz, V. L. D., Costa Filho, L. C., & Zúccari, C. E. S. (2013). Precocidade sexual de touros a campo em condições tropicais. *R. bras. Reprod. Anim.*, 97-104.
- Emerick, L. L., Dias, J. C., Gonçalves, P. E. M., Martins, J. A. M., Leite, T. G., Andrade, V. J., & Vale Filho, V. R. (2009). Aspectos relevantes sobre a puberdade em fêmeas. *R. bras. Reprod. Anim.*, 11-19.
- FERNANDES, C. A. C.; VELÁSQUEZ, L. F. U. (1997). Características do corpo lúteo e taxa de gestação de receptoras de embrião. *Archivos de Reproduction Animal*, v. 1, n. 2, p. 28-31.
- Fialho, A. L. L., Souza-Cáceres, M. B., Silva, W. A. L., Arruda, E. D. S., Kischel, H., Ribeiro-Ferreira, M. G. C., Medeiros, C. F., Silva, J. R., Oliveira, M. V. M., Ferraz, A. L. J., & Melo-Sterza, F. A. (2018). Efeito do estresse térmico calórico agudo e crônico sobre a qualidade oocitária de bovinos de raças adaptadas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, V, 70(1), 64-72. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9494>
- Fogwell, R. (2011). Automated Heat Detection: AI with No Observation and No Injections? *Michigan Dairy Review*, 16(3), 1-14.
- Fonseca, P. (2007). *Lo que debe saber sobre el aparato reproductor de las vacas*. <https://www.contextoganadero.com/reportaje/lo-que-debe-saber-sobre-el-aparato-reproductor-de-las-vacas>
- Forni, S., & Albuquerque, L. G. (2004). Avaliação de características biométricas de testículos de bovinos Nelore. *simpósio da sociedade brasileira de melhoramento animal*, 5, 110-121.
- Galina CS, Orihuela A. 2007. The detection of estrus in cattle raised under tropical conditions: What we know and what we need to know. *Horn Behav* 52 (1): 32.



Grant, R. J., & Albright, J. L. (2001). Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. *Journal of dairy science*, 84, E156-E163.

Grigera, J., Bargo, F. (2005). EVALUACIÓN DEL ESTADO CORPORAL EN VACAS LECHE-RAS. Informe Técnico. *Consultores Elanco Animal Health. www.produccion-animal.com.ar

Goldhawk, C., Chapinal, N., Veira, D. M., Weary, D. M., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2009). Prepartum feeding behavior is an early indicator of subclinical ketosis. *Journal of dairy science*, 92(10), 4971-4977.

González, C. (2001). Parámetros, cálculos e índices aplicados en la evaluación de la eficiencia reproductiva. *Reproducción Bovina*, 203-247.

Grummer, R. R., Mashek, D. G., & Hayirli, A. (2004). Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 20(3), 447-470.

Guimarães, J. D., Guimarães, S. E. F., Siqueira, J. B., Pinho, R. O., Eler, J. P., Ferraz, J. B. S., Silva, M. R., & Borges, J. C. (2011). Seleção e manejo reprodutivo de touros zebu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 379-388.

Hafez, E. S., & Hafez, B. (2004). *Reprodução animal* (7a ed.). Manole.

Hayirli, A., Grummer, R. R., Nordheim, E. V., & Crump, P. M. (2002). Animal and dietary factors affecting feed intake during the prefresh transition period in Holsteins. *Journal of dairy science*, 85(12), 3430-3443.

Hernández, J., & Ortega, A. (2009). Manual de inseminación artificial en bovinos. *Departamento de Reproducción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México*. México. 53p.

HONORATO, M.T.; FERRO, R.A.C.; SANTOS, K.J.C.; COSTA, M.A.; RODRIGUES FILHO, J.L. (2013). Importância da escolha de receptoras em um programa de transferência de embriões em bovinos. *PUBVET, Londrina, V. 7, N. 19, Ed. 242, Art. 1601*

Kennedy, S. P., Spitzer, J. C., Hopkins, F. M., Higdon Iii, H. L., & Bridges Jr, W. C. (2002). Breeding soundness evaluations of 3648 yearling beef bulls using the 1993 Society for Theriogenology guidelines. *Theriogenology*, 58(5), 947-961.

Lowman, B.G., N.A. Scott y S.M. Somerville. 1976. Condition Scoring beef cattle. The east of Scotland College of Agriculture. Bulletin N° 6.

Lunstra, D. D., Ford, J. J., & Echterkamp, S. E. (1978). Puberty in beef bulls: hormone con-

centrations, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. *Journal of Animal Science*, 46(4), 1054-1062.

Martínez, C. (2019). *La Importancia de la Reproducción: 10 Razones*. Lifeder. <https://www.lifeder.com/importancia-de-la-reproduccion/>

Mello, R. R. C. (2015). Puberdade e maturidade sexual em touros bovinos. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 10(3), 11-28. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v10i3.571>

Melvin, E. J., Lindsey, B. R., Quintal-Franco, J., Zanella, E., Fike, K. E., Van Tassell, C. P., & Kinder, J. E. (1999). Circulating concentrations of estradiol, luteinizing hormone, and follicle-stimulating hormone during waves of ovarian follicular development in prepubertal cattle. *Biology of reproduction*, 60(2), 405-412. <https://doi.org/10.1095/biolreprod60.2.405>

Moran, C., Quirke, J. F., & Roche, J. F. (1989). Puberty in heifers: a review. *Animal Reproduction Science*, 18(1-3), 167-182. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(89\)90019-5](https://doi.org/10.1016/0378-4320(89)90019-5)

Niswender, G. D. (2002). Molecular control of luteal secretion of progesterone. *Reproduction*, 123(3), 333-339.

Nordlund, K., Cook, N., & Oetzel, G. (2006). Commingling Dairy Cows. *American Association of Bovine Practitioners Proceedings of the Annual Conference*, 36-42.

Ortiz, S. D., Ávila, K. Y., & others. (2020). *Fundamentos y métodos actuales de detección de celo en bovinos*.

Pareja, J. (1990). Bases para mejorar la eficiencia reproductiva. El cebú 264 enero-febrero.

Pueyo, D. (2017). *Efectividad de cuatro métodos para la detección de celo en vacuno de carne*. https://citarea.citaaragon.es/citarea/bitstream/10532/3955/1/2017_493.pdf

Ramírez, L. N. (2012). Características del comportamiento sexual natural e inducido de la vaca doble propósito. *Mundo Pecuario*, 8(2), 95-106.

Rangel, L. (2009). Morfofisiología del aparato reproductor. En A. Porras & R. Páramo (Eds.), *Manual de prácticas de reproducción animal* (pp. 7-30). UNAM.

Rekwot, P., Ogwu, D., & Oyedipe, E. (2000). Influence of bull biostimulation, season and parity on resumption of ovarian activity of zebu (*Bos indicus*) cattle following parturition. *Animal Reproduction Science*, 63(1-2), 1-11. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00163-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00163-9).

Rekwot, P., Ogwu, D., Oyedipe, E., & Sekoni, V. (2000). Effects of bull exposure and body growth on onset of puberty in Bunaji and Friesian Bunaji heifers. *Reproduction Nutrition Development*, 40(4), 359-367. <http://doi.org/10.1051/rnd:2000104>.

Robson, C., Aguilar, D., Lopez, V. S., Valiente, D., López, S., Calvi, M., Certser, R., Flores, F., & Gómez, M. (2004). Inseminación artificial en bovinos. INTA.

Sánchez Sánchez, A. (2010). Parámetros Reproductivos de Bovinos en regiones tropicales de México.

Schirmann, K., Chapinal, N., Weary, D. M., Heuwieser, W., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2011). Short-term effects of regrouping on behavior of prepartum dairy cows. *Journal of dairy science*, 94(5), 2312–2319. <http://nahms.aphis.usda.gov>

Sequeira, L. T. (2013). *Compendio sobre reproducción animal*. Universidad Nacional Agraria.

Toniollo, G. H., & Vicente, W. R. R. (2003). *Manual de obstetricia veterinaria*. Varela São Paulo.

Torres júnior, J. R. S.; Pires, M. F. A.; SÁ, W. F.; Ferreira, A. M.; Vianna, J. H. M.; Camargo, L. S. A.; Ramos, A. A.; Folhaellad I. M.; Polissení, J.; Freitas, C.; Clemente, C. A. A.; Sá filho, M. F.; Paula-lobes, F. F.; Baruselli, P. S.(2008) Effect of maternal heat-stress on follicular growth and oocyte competence in Bosindicus cattle. *Theriogenology*.v. 69, p. 155-166.

Urton, G., Von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2005). Feeding behavior identifies dairy cows at risk for metritis. *Journal of Dairy Science*, 88(8), 2843–2849.

Val-Laillet, D., Veira, D. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2008). Dominance in free-stall—housed dairy cattle is dependent upon resource. *Journal of dairy Science*, 91(10), 3922–3926.

Van Eerdenburg, F., Karthaus, D., Taverne, M. A. M., Mercis, I., & Szenci, O. (2002). The relationship between estrous behavioral score and time of ovulation in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 85(5), 1150–1156.

Van Niekerl, A. y B.P. Louw. 1982. Condition scoring of beef cattle. CEDARA Dept. of Agriculture Natal Region, Report N° 15.

Vasconcelos JL, Sartori R, Oliveira HN, Guenther JG, Wiltbank MC. (2001). Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. *Theriogenology*; 56 (2): 307.

Von Keyserlingk, M. A. G., Olenick, D., & Weary, D. M. (2008). Acute behavioral effects of regrouping dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(3), 1011–1016.

Wattiaux, A.M. (2009). Manejo de la eficiencia reproductiva, en: esenciales lecheras. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional para la industria lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. http://vaca.agro.uncor.edu/~pleche/material/babkcoc/13_s.pdf

Weisbach, H. (1999). *Fisiopatología reproductiva de la vaca*. Celsus.

Wiltbank, J. N. (1970). Research needs in beef cattle reproduction. *Journal of Animal Science*, 31(4), 755–762. <https://doi.org/10.2527/jas1970.314755x>.

Wolf, F. R., Almquist, J. O., & Hale, E. B. (1965). Prepuberal behavior and puberal characteristics of beef bulls on high nutrient allowance. *Journal of animal science*, 24(3), 761–765.



Capítulo 5



BUENAS PRÁCTICAS GANADERAS

5.1. INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) desarrolló varias guías de buenas prácticas ganaderas (BPG) con el objetivo de obtener productos alimenticios inocuos. Estas prácticas son adoptadas dependiendo de la legislación de cada país, así como de la adopción que cada uno haga de ellas según sus necesidades. En Colombia, es el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) la entidad encargada de la legislación, implementación y certificación de BPG, quienes para el año 2020 las definieron como:

“prácticas recomendadas con el propósito de disminuir riesgos físicos, químicos y biológicos en la producción primaria de alimentos de origen animal que puedan generar riesgo a las personas promoviendo la sanidad, el bienestar animal y la protección del medio ambiente” (Resolución 068167 de 2020, 2020, p. 2).

Estas consisten en la implementación de un programa de aseguramiento de calidad e inocuidad dentro del sistema de producción primaria en cada finca, que tiene como objetivo garantizar la producción de alimentos sanos e inocuos para el consumo humano.

Es así como resulta imperativo que desde las instituciones y plataformas gubernamentales del Estado se pueda brindar no solo orientación y divulgación de las BPG, a todos los productores, sino también acompañamiento en el proceso de implementación de un programa de estas prácticas, entendiendo la importancia de los beneficios que puede traer a cada finca y considerando que son modelos diseñados antes, durante y después de la producción primaria. Por lo tanto, el objetivo de este capítulo es ayudar a los ganaderos colombianos a

entender mejor el alcance y las instrucciones establecidas en la resolución ICA 67449/2020 para producción de leche y Resolución ICA 68167/2020 para producción de carne, las cuales establecen la hoja de ruta única en Colombia para obtener la certificación de BPG.

5.2. PANORAMA NACIONAL EN BPG

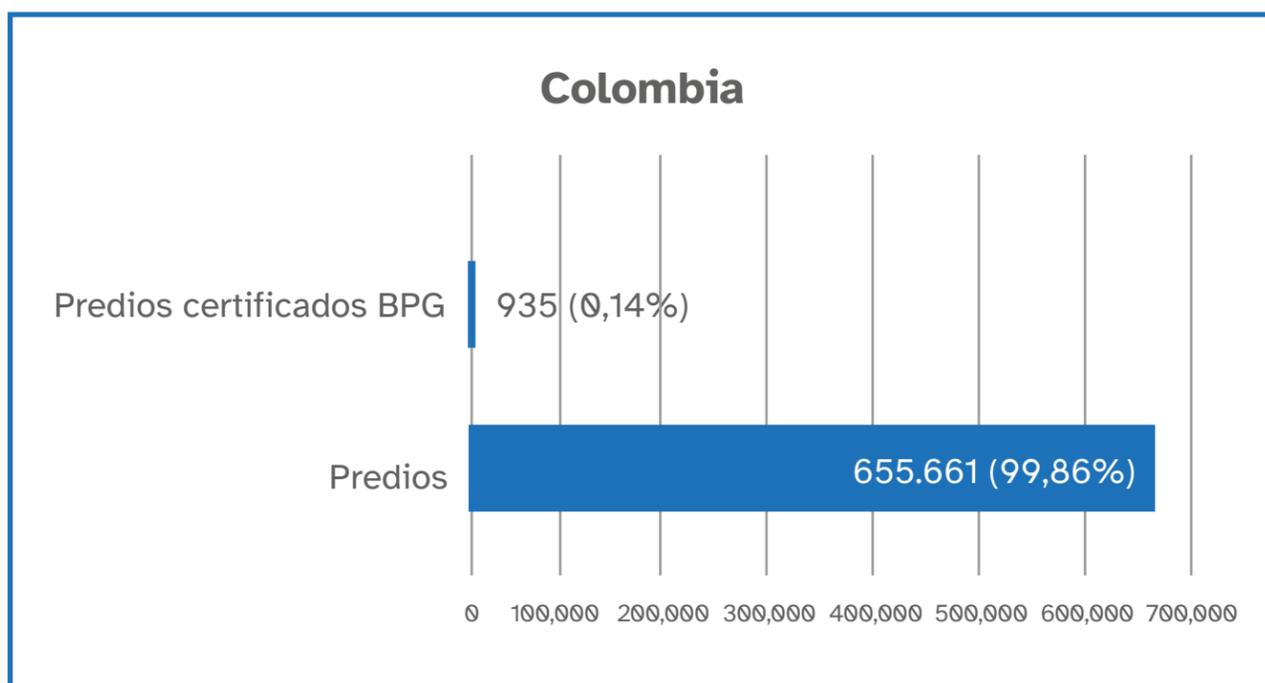
En Colombia existen actualmente 935 predios certificados en BPG bovinas (ICA junio de 2021), de los cuales 382 predios están certificados para la producción de carne y 553, para la producción de leche (Tabla 1). Ahora bien, según el censo nacional de 2020, Colombia tiene 655.661 predios inscritos ante el ICA, de manera que el número de predios certificados en BPG no representa ni siquiera el 1% del total. (Figura 1).

DEPARTAMENTO	Bovinos carne	Bovinos leche	Total
Antioquia	170	167	337
Arauca	2		2
Atlántico	1	1	2
Bolívar			0
Boyacá	5	1	6
Caldas	1	18	19
Caquetá		1	1
Casanare	51	1	52
Cauca	1	1	2
Quindío	14	32	46
Cesar	6		6
Córdoba	50	2	52
Cundinamarca	6	66	72
Huila	1	1	2
La Guajira			0
Magdalena			0
Meta	10	3	13
Nariño	4	211	215
Norte de Santander	4	11	15
Risaralda	26	23	49
Santander	16		16
Sucre	8		8
Tolima	1	2	3
Valle del Cauca	5	12	17
Total	382	553	935

Tabla 1. Panorama nacional de predios certificados en buenas prácticas ganaderas en bovinos en junio de 2021. Se presentan los datos para producción de leche y producción de carne por departamento. Fuente: (Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2021).



Figura 1. Relación de predios certificados en buenas prácticas ganaderas.



Realizando un análisis por departamento podemos observar que los departamentos Bolívar, La Guajira y Magdalena no tienen predios certificados para ninguno de los dos tipos de producción. Y los departamentos de Arauca, Cauca, Cesar, Santander y Sucre solo tienen predios certificados para la producción de carne; el departamento del Caquetá tiene un único predio certificado para la producción de leche (Tabla 1).

El departamento con más número de predios certificados es Antioquia, con 343 predios para las dos producciones, pero en relación con el número de predios inscritos tampoco llega al 1% (Figura 2A, Tabla 2). El departamento de Quindío, por su parte, tiene 51 predios certificados, lo cual representa 2% del total de predios en este departamento (Figura 2B, Tabla 2), y este es el departamento con mayor porcentaje de predios certificados, de acuerdo con un estudio realizado en este departamento. En él se analizaron 21 predios y se concluyó que poco más de la mitad cumple total o siquiera parcialmente con los procesos requeridos para la certificación de BPG, aunque el 95% de ellos están registrados ante el ICA (Arbeláez Pan, 2018).

Figura 2. Porcentaje de predios certificados en buenas prácticas ganaderas en los departamentos de Antioquia y Quindío.

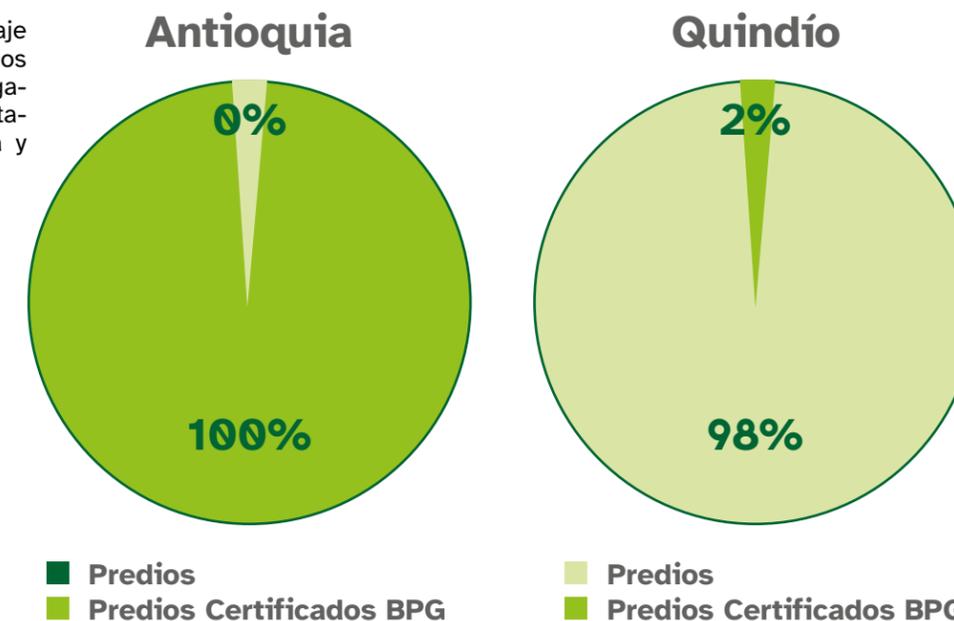


Tabla 2. Predios inscritos ante el ICA y certificados en BPG en los departamentos de Antioquia y Quindío.

	Predios	Predios certificados BPG
Colombia	655.661	935
Antioquia	68.500	337
Quindío	2.733	46

Con la información hasta aquí expuesta podemos concluir que la inmensa mayoría de los predios no tienen certificados de BPG, un escenario preocupante. En estudios realizados en diferentes departamentos de Colombia se mostró que las mayores dificultades para no tener certificado en BPG es que este no es obligatorio, a lo cual se suman la falta de conocimiento, de inversión inicial, de protocolos de aseo y desinfección, de saneamiento general, de uso de medicamentos veterinarios y de registros y su control (Parra, 2016; Arbeláez Pan, 2018; Andrade, 2020; Sarmiento, 2020).

Al no ser obligación las BPG, los productores no sienten la necesidad de implementarlas en sus fincas, y dejan de lado la importancia y ganancias que estas podrían darle a su predio. Por lo tanto, es válido proponer que en Colombia exista un grado de obligatoriedad con la exigencia de ciertos parámetros esenciales y de algunos requisitos que garanticen la sanidad, calidad e inocuidad de los alimentos de producción primaria en todos los predios del

país, una medida que fomentaría y fortalecería los índices de competitividad agropecuaria. En relación con la falta de conocimiento con la nueva resolución en BPG para producción de carne y producción de leche (Resolución 67449 de 2020 y Resolución 68167 de 2020), el ICA impartió talleres virtuales y varios encuentros en línea para ampliar su divulgación y dar a conocer sus principales ajustes.

En un estudio realizado para analizar los costos de la implementación de las BPG para la producción de leche en el departamento de Cundinamarca, se mostró que esta aumenta los costos de la finca, pero es compensado con las bonificaciones que ofrece el Estado, a las que puede acceder por estar certificado y que ayudan a que los ganaderos sean competitivos con su producto (Parra, 2016). La utilidad de esta compensación se podría ver más claramente haciendo una proyección a 10 años de los beneficios y bonificaciones, ya que a corto plazo no son tan apreciables (Sarmiento, 2020).

Por otra parte, un estudio realizado a 37 propietarios de predios ganaderos certificados en BPG en el departamento de Antioquia (departamento con mayor número de predios certificados), estos expresaron la satisfacción con la certificación, principalmente en relación con aquellos aspectos administrativos, de gestión y condiciones de trabajo de los funcionarios por el entrenamiento constante para el desarrollo de nuevas habilidades y conocimientos; adicionalmente, expusieron que su imagen ante los otros ganaderos mejoró (Cuartas).

5.3. PROCESO DE CERTIFICACIÓN

Inicialmente, el predio debe estar inscrito ante el sistema de registro oficial del ICA en el registro nacional de predio pecuario (RSPP) o inscripción sanitaria de predio pecuario (ISPP), y depende de cada propietario no solo dar inicio al proceso de certificación, sino también identificar si el predio cumple o no con los requisitos para ello.

Una vez realizada la solicitud para certificación en BPG, en un plazo de 15 días hábiles recibirá la visita de un representante del ICA, la única Entidad con potestad para realizar la certificación de predios en BPG, en cumplimiento de su misión de trabajar por la sanidad agropecuaria y la inocuidad agroalimentaria del campo colombiano (ICA, 2021).

El representante del ICA emite un informe de la visita con la relación de aquellos requisitos que cumple y de aquellos que no. En el informe, emite un veredicto que determina si el predio puede ser certificable o si la certificación queda aplazada. Si su veredicto es certificable, en un plazo de ocho días hábiles el ganadero obtiene el certificado; en caso de ser aplazada, este tiene hasta tres meses para subsanar los requisitos faltantes e iniciar nuevamente el proceso de verificación, cuya visita será realizada en un plazo máximo de 30 días hábiles.

El veredicto certificable se otorga cuando el productor cumple con el 100 % de los criterios fundamentales, por lo menos 80 % de los criterios mayores y al menos el 60 % de los

criterios menores; si es aplazada es porque no cumplió con los criterios mínimos (Tabla 2). La clasificación de los requisitos y los tipos de criterios están relacionados en los formatos ICA i) Forma-3-852-V4-2020-Bovino-Leche (Fig. 3A) y ii) Forma-3-138-V-3-Bovino-Carne (Fig. 3B), para producción de leche y producción de carne, respectivamente, los cuales serán descritos en detalle en el próximo ítem.

Tabla 3. Tipos de criterios para certificación en BPG

	APLAZADA	CERTIFICABLE
Criterios fundamentales (F)	< 100 %	100 %
Criterios mayores (My)	< 80 %	≥ 80 %
Criterios menores (Mn)	< 60 %	≥ 60 %

Nota. (F): directamente vinculados con el cumplimiento de la normatividad oficial en materia sanitaria y de inocuidad en la producción primaria. **(My):** cumplimiento están directamente relacionados con las condiciones necesarias para lograr la inocuidad en la producción primaria. **(Mn):** su cumplimiento contribuye a garantizar la inocuidad.

Figura 3. Captura de pantalla de los formatos ICA para verificación de requisitos para la producción de leche (A) y producción de carne (B).

A.

ICA  **SUBGERENCIA DE PROTECCIÓN ANIMAL**
DIRECCIÓN TÉCNICA DE INOCUIDAD E INSUMOS VETERIARIOS
LISTA DE CHEQUEO DE PREDIOS PRODUCTORES DE LECHE
CON DESTINO AL CONSUMO HUMANO

INFORMACIÓN DEL PREDIO				
Fecha de Auditoría	Número de RSPP-ISPP:			
Nombre del predio:	Latitud:	Longitud:		
Departamento:	Fecha vigencia Tuberculosis			
Municipio:	Fecha vigencia Brucelosis			
Vereda:	Provee leche a:	Total animales:		
Producción promedio de leche:	Especie:	Fin técnico	Leche: []	Doble Propósito []
INFORMACIÓN DEL PROPIETARIO				
Propietario:	Teléfono:			
No. de identificación:	Correo electrónico:			
INFORMACIÓN GENERAL				
Responsable del manejo sanitario:	Mv []	MVZ []	Matrícula profesional No:	
Correo	Teléfono:			
Tipo de visita:	Certificación []	Inspección []	Vigilancia []	Control []

B.



SUBGERENCIA DE PROTECCIÓN ANIMAL
DIRECCIÓN TÉCNICA DE INOCUIDAD E INSUMOS VETERINARIOS
 LISTA DE CHEQUEO DE PREDIOS PRODUCTORES DE CARNE DE BOVINOS Y/O BUFALINOS
 CON DESTINO AL CONSUMO HUMANO

INFORMACIÓN DEL PREDIO				
Fecha de Auditoría	Número de RSPP-ISPP:			
Nombre del predio:	Latitud:	Longitud:		
Departamento:	Fecha vigencia Tuberculosis			
Municipio:	Fecha vigencia Brucelosis			
Vereda:	Provee leche a:	Total animales:		
Producción promedio de leche:	Especie:	Fin técnico	Leche: []	Doble Propósito []
INFORMACIÓN DEL PROPIETARIO				
Propietario:	Teléfono:			
No. de identificación:	Correo electrónico:			
INFORMACIÓN GENERAL				
Responsable del manejo sanitario:	Mv []	MVZ []	Matrícula profesional No:	
Correo	Teléfono:			
Tipo de visita:	Certificación []	Inspección []	Vigilancia []	Control []

Si su predio es certificado, la certificación tiene una validez de tres años, siempre y cuando se mantengan vigentes los requisitos mínimos. Pasado este periodo, se debe solicitar la recertificación, para la cual se hará la revisión de los criterios que dieron origen la certificación. Una vez emitido el certificado, este puede ser cambiado en las siguientes condiciones: cuando cambie el nombre del predio, el nombre del propietario o por causa de algún error presentado en el certificado.

5.4. REQUISITOS

5.4.1. Requisitos generales

5.4.1.1. SANIDAD ANIMAL

Plan Sanitario y enfermedades de control oficial (F): este plan se considera fundamental y debe ser diseñado, soportado y respaldado por un profesional competente, ya sea médico veterinario o médico veterinario zootecnista, el cual además debe contar con matrícula profesional vigente para la fecha de la solicitud. El plan sanitario debe contener necesariamente el listado y descripción de cada una de las acciones preventivas para las enfermedades infecciosas, parasitarias, endémicas y de control oficial, listado y descripción de vacunas utilizadas en el predio y el último registro de vacunación RUV para las enfermedades de control oficial, tal como lo establece la Resolución ICA 67449 de 2020 para producción de leche, y la 68167 de 2020 para producción de carne (Resolución 67449 de 2020, 2020).

Certificado de hato libre de brucella y tuberculosis (F): para lograr obtener el certificado en buenas prácticas ganaderas es indispensable contar previamente con el certificado vigente de predio libre de brucelosis y tuberculosis emitido por el ICA.

Protocolo de manejo y aislamiento de animales enfermos (My): este protocolo debe garantizar que el productor lleve a cabo un manejo adecuado de los animales enfermos de su hato realizando una identificación diferencial y temporal de aquellos ejemplares que tuvieron que ser intervenidos mediante medicación veterinaria, así como el registro de los tiempos de suspensión de las dosis farmacológicas y/o tiempos de retiro vigente.

Registro de diagnósticos de enfermedades y de mortalidades (My): el productor necesariamente deberá registrar las enfermedades, sus diagnósticos y los eventos de mortalidad derivados de estas que se presenten en su finca. Este registro deberá contener como mínimo los siguientes datos: fecha del evento, identificación del animal, especie, enfermedad, muerte, diagnóstico, responsable del diagnóstico (MV o MVZ) y análisis de laboratorio, en caso de requerirse y de acuerdo con lo estipulado en el artículo 5, numeral 5.1.4 de la Resolución 67449 de 2020 y artículo 5, numeral 5.14. de la Resolución 68167 de 2020.

Instructivo de manejo sanitario sobre enfermedades de control oficial (My): este instructivo es de obligatorio cumplimiento por parte del productor y en él debe incluir la siguiente información:

- ✓ Descripción de los cuadros clínicos compatibles con las enfermedades de control oficial para la especie.
- ✓ Nombre y número del teléfono de contacto de ICA para realizar notificación de enfermedades de control oficial.
- ✓ Se evidencia que el personal tiene conocimiento del instructivo.

Teniendo en cuenta lo anterior, el personal operativo de la finca necesariamente debe tener conocimiento y entrenamiento en el diligenciamiento de este instructivo. Esto da cumplimiento a lo estipulado en el artículo 5, numeral 5.1.5 de la Resolución 67449 de 2020 y el artículo 5, numeral 5.1.5 de la Resolución 68167 de 2020.

Área o potrero de enfermería o tratamiento (My): es deber del productor contar con un espacio destinado a la atención de animales enfermos. Esto con dos objetivos, primero, poder brindar una mejor atención y seguimiento a los tratamientos y/o intervenciones que se requieran, y segundo, prevenir el contagio o contaminación de los demás ejemplares cuando se determine la necesidad del aislamiento del animal o los animales.



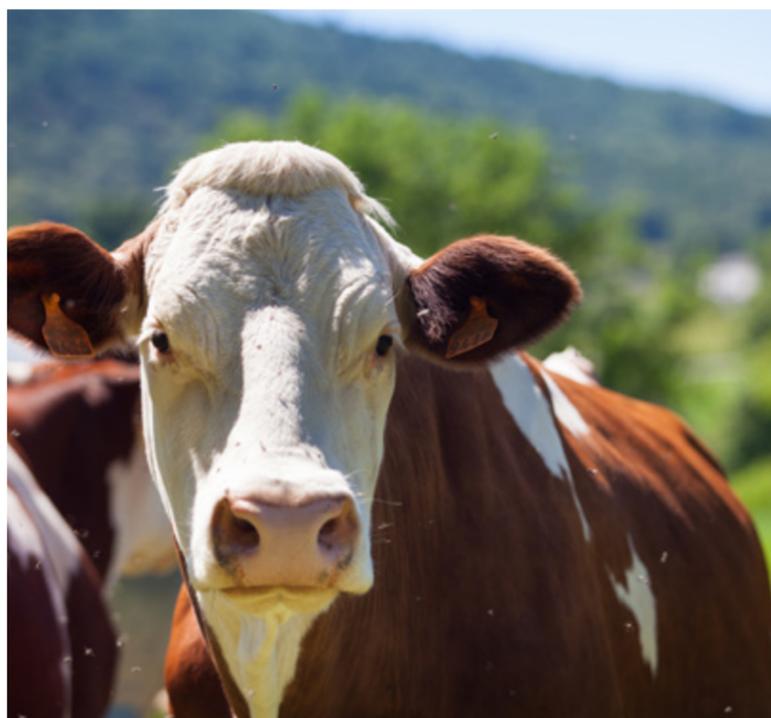


Mientras no se requiera el uso de este espacio para fines de enfermería, el productor podrá disponer de él para fines de alimentación animal, sin embargo, las eventualidades de ocupación deberán anotarse en el registro de manejo de potreros.

5.4.1.2. IDENTIFICACIÓN

Identificación de los animales (F): el productor deberá tener perfectamente identificados e individualizados sus animales de acuerdo con el sistema productivo, ya sea leche o carne, de forma permanente y a través de la implementación de una numeración única e irrepetible.

Una vez se adopte el sistema oficial de identificación e información de ganado bovino, el productor estará en la obligación de dar cumplimiento a lo dispuesto en la reglamentación emitida para tal fin. Según el numeral 5.2.1 del artículo 5 en la Resolución 67449 de 2020 y el numeral 5.2.1. del artículo 5 de la Resolución 68167 de 2020.



Registro o ficha individual para cada animal o por lotes (My): la implementación de este registro es de carácter obligatorio y busca garantizar la trazabilidad e historia clínica del animal. En él se deben registrar los eventos relacionados con el animal respectivo (tratamientos veterinarios, procedimientos quirúrgicos y actividades de manejo). El productor deberá evidenciar la elaboración y seguimiento a la hoja de vida de cada ejemplar.

REGISTRO INDIVIDUAL DE ANIMALES															
Nombre de la Finca		Nombre Registro		Número:										737/ 78	
DATOS GENERALES								PADRE							
NACIMIENTO		RAZA		NUMERO		COLOR		REGISTRO							
RAZA															
COLOR															
PESO NACER		RAZA		NUMERO		COLOR		REGISTRO							
OBSERVACION															
DATOS REPRODUCTIVOS				DATOS DE LA PALPACION				DATOS DE LA CRIA							
fecha servicio	toro	Sistema	fecha	resultado	FPP	FRP	D.A	I.E.P	número	sexo	raza	color	P.N	P.D	P.12 m
12/07/2017	206/5														

5.4.1.3. BIOSEGURIDAD

Delimitación del predio (My): el productor debe tener correctamente delimitado su predio mediante la implementación de un mecanismo de aislamiento que garantice y limite el paso de animales, personas y vehículos ajenos a sus terrenos. Se reconocen como métodos de delimitación la construcción de cercos, broches, puertas, aislamiento natural u otros mecanismos tecnológicos que se ofrecen en el mercado.



Registro de ingreso de personas y vehículos (My): el productor debe registrar diariamente el ingreso a su finca de personas, ya sean trabajadores por jornal o visitantes, así como el de vehículos. Esto brindará la trazabilidad que se requiera para consultas futuras respecto a entregas y salidas de materiales e insumos. En este registro se debe incluir mínimo los siguientes datos de acuerdo con lo establecido en el artículo 5, numeral 5.3.2 de la Resolución 67449 de 2020 y artículo 5, numeral 5.3.2. de la Resolución 68167 de 2020.

- Fecha
- Nombre del trabajador o visitante.
- Placa del o los vehículos.
- Número de teléfono de cada persona.
- Lugar de procedencia (ciudad y empresa, si aplica).
- Objeto de la visita.



Cuarentena (My): el productor debe diseñar y establecer un procedimiento de ingreso y aislamiento de animales enfermos, en el cual se incluya el manejo de la cuarentena en un periodo mínimo de veintiún (21) días. Para dar cumplimiento a este procedimiento se debe identificar un área específica de la finca destinada a la cuarentena de los animales; su ocupación deberá consignarse en el registro de manejo de potreros. Durante los periodos de no ocupación para este fin, podrá destinarse al pastoreo. (Artículo 5. Numeral 5.3.3. Resolución 67449 de 2020 y Artículo 5. Numeral 5.3.3. Resolución 68167 de 2020).



Protocolo de ingreso del material genético (Mn): en su finca, el productor deberá diseñar e implementar el protocolo de ingreso y manejo para el material genético.

Todo el material genético suministrado en el predio por centros de producción nacionales o internacionales deberá contar con las certificaciones vigentes y/o autorizaciones emitidas por el ICA, así como con los documentos de importación, en los casos que aplique. Lo anterior, según lo estipulado en el artículo 5, numeral 5.3.4 de la Resolución 67449 de 2020 y el artículo 5, numeral 5.3.4 de la Resolución 68167 de 2020.



Identificación de áreas (Mn): las instalaciones y aquellas áreas de trabajo que cuentan con funciones específicas de la finca, como son bodegas, instalaciones sanitarias, clasificación de basuras, zonas de manejo animal y áreas de cuarentena y enfermería, deberán estar plenamente identificadas en un lugar visible. El productor deberá disponer de placas, letreros o vallas que indiquen el nombre del área de trabajo, según lo establecido en la Resolución 67449 de 2020 en su artículo 5, numeral 5.3.5 y Resolución 68167 de 2020 en su artículo 5, numeral 5.3.5.

5.4.1.4. REQUISITOS DE BUENAS PRÁCTICAS PARA EL USO DE MEDICAMENTOS VETERINARIOS -BPMV.

Registro ICA de los productos veterinarios (F): el productor deberá demostrar que todos los productos veterinarios usados e implementados en su hato ganadero cuentan con el Registro ICA. Utilizar únicamente productos veterinarios con Registro ICA. Artículo 8, numeral 8.1. de la resolución ICA 67449 de 2020 y artículo 6 Numeral 6.1 de la Resolución 68167 de 2020.



Vigencia de los productos veterinarios (F): es responsabilidad y deber del productor verificar que los productos veterinarios usados en sus animales no se encuentren vencidos ni tengan alteraciones físicas en sus empaques y contenido evidenciable en la inspección visual. Artículo 8, numeral 8.2. Resolución ICA 67449 de 2020 y artículo 6, numeral 6.2. de la Resolución ICA 68167 de 2020.

Almacenamiento de los productos veterinarios (My): el productor debe tener en cuenta las recomendaciones descritas en las etiquetas de condiciones e instrucciones de uso que trae cada uno de los productos veterinarios y biológicos.

Los medicamentos e insumos veterinarios deben clasificarse de acuerdo con su acción farmacológica o indicación, almacenándolos de acuerdo con las condiciones de conservación que sugiere cada laboratorio o industria fabricante consignadas en el rotulado; la manera en la que se disponga este almacenamiento deberá minimizar el riesgo de confusión y de contaminación cruzada entre productos.

Para aquellos productos o insumos veterinarios y biológicos que requieran refrigeración, el productor deberá garantizar que, tanto en el transporte como en el almacenaje, estos conserven la temperatura recomendada por el fabricante, la cual está consignada en el rotulado del producto. Además, deberá contar con un termómetro idóneo para cada caso que permita registrar a diario el control de temperatura. Artículo 8, numerales 8.3, 8.4 y 8.5 de la Resolución ICA 67449 de 2020 y artículo 6, numerales 6.3, 6.4 y 6.5 de la Resolución ICA 68177 de 2020.

Sustancias prohibidas (F): el productor no podrá utilizar sustancias prohibidas por el ICA. Artículo 8, numeral 8.6, Resolución ICA 67449 de 2020 y Artículo 6, numeral 6.6 de la Resolución ICA 68167 de 2020.



No utilizar materias primas de naturaleza química con fines terapéuticos o como promotores de crecimiento (F): todos los productos de manejo veterinario, incluyendo medicamentos existentes en el mercado agropecuario cuya materia prima sea o provenga de naturaleza química, no podrán ser suministrados directamente a los animales con fines terapéuticos o como promotores de crecimiento. Así lo dicta la Resolución ICA 67449 de 2020 en su artículo 8, numeral 8.7 y artículo 6, numeral 6.7 de la Resolución ICA 68167 de 2020.

Tiempo de retiro de medicamentos veterinarios (F): este corresponde al período de tiempo que se debe esperar entre la fecha en que se aplicó o suministró la última dosis de medicamento a un animal y, en el caso de cárnicos, la fecha de su sacrificio para el consumo humano, o el plazo en el que se podrá tomar el aprovechamiento de otros productos, como leche y huevos.

En este sentido, el productor deberá respetar el tiempo de retiro consignado en el registro de uso de medicamentos veterinarios, de acuerdo con lo establecido por cada laboratorio o casa fabricante de los productos médicos en aquellos animales que están bajo tratamiento. Los animales bajo tratamiento médico estarán debidamente identificados y registrados hasta finalizar el tiempo de retiro de manera individual según sea su caso. Numeral 8.8 Resolución ICA 67449 de 2020 y artículo 6, numeral 6.8 de la Resolución ICA 68167 de 2020.



Prescripción veterinaria de los medicamentos (F): para aquellos tratamientos veterinarios que por la naturaleza de su magnitud o especialidad requieren la prescripción de un profesional, el productor deberá tener documentado todos los tratamientos y éstos deberán ser expedidos y respaldos mediante la firma de un Médico Veterinario o Médico Veterinario y Zootecnista con matrícula profesional vigente. Una copia de estos documentos deberá conservarse durante un periodo no menor a un (1) año por parte del propietario de la finca.

En el caso en que el registro de tratamientos veterinarios cuente con nombre, firma y número de matrícula profesional de un médico veterinario o veterinario zootecnista, este se homologará como prescripción de los medicamentos veterinarios descritos en él.

Todos los medicamentos veterinarios de control especial que sean usados en la finca deben ser prescritos por un médico veterinario o veterinario zootecnista con matrícula profesional vigente en el formato oficial. Lo anterior dando cumplimiento a lo establecido en el artículo 8, numerales 8.9 al 8.15 de la Resolución ICA 67449 de 2020 y el artículo 6, numerales 6.9 al 6.15 de la Resolución ICA 68167 de 2020.

Registros de tratamientos veterinarios (F): de acuerdo con lo estipulado en el artículo 8, numeral 10 de la Resolución ICA 67449 de 2020 y el artículo 6, numeral 10 de la Resolución ICA 68167 de 2020, es obligación del productor tener documentado y actualizado el registro de todos los tratamientos veterinarios que haya realizado a los animales. Además, este registro deberá presentarse, de forma individual o por lotes, bien a través del diligenciamiento del formato oficial o de uno diseñado por su autoría para la finca, siempre y cuando cuente con un historial mínimo de tres (3) meses y con la siguiente información: fecha, nombre del medicamento, fecha de vencimiento, número del registro ICA, lote, dosis administrada, vía de administración, identificación del animal o lote tratado, tiempo de retiro cuando esté contemplado en el rotulado del producto y los datos personales del responsable de la aplicación.

Para el caso de los medicamentos veterinarios de venta libre, estos serán administrados de acuerdo con las instrucciones consignadas en el rotulado del producto.

Equipos para la reproducción y administración de medicamentos y biológicos veterinarios (F): el productor deberá garantizar que todos los equipos, utensilios y herramientas destinados al manejo de la reproducción y administración de medicamentos y biológicos veterinarios se encuentren en perfecto estado de funcionamiento, además de limpios y desinfectados.

En el caso particular de aquellos medicamentos y biológicos veterinarios que deben ser administrados de forma intramuscular o intravenoso, el productor deberá disponer de agujas desechables por cada animal intervenido; una vez terminado el procedimiento, estas se desecharán en un recipiente seguro o guardián. Artículo 8, numerales 8.11 y 8.12 de la



Resolución ICA 67449 de 2020 y el artículo 6, numerales 6.11 al 6.12 de la Resolución ICA 68167 de 2020.

Inventario de productos veterinarios (My): el productor deberá documentar y llevar un adecuado control de inventario de productos y biológicos veterinarios, en el cual debe identificar la cantidad, el lote del producto, registro de ingresos y salidas, control de existencia o stock de cada uno de los productos, de acuerdo con lo establecido en el artículo 8, numeral 8.13 de la Resolución ICA 67449 de 2020 y artículo 6, numeral 6.13 de la Resolución ICA 68167 de 2020.



Autorización veterinaria de aplicación de medicamentos y realización de pequeñas intervenciones quirúrgicas (My): para las actividades de aplicación de medicamentos y la realización de pequeñas intervenciones quirúrgicas, tales como descorne, castración, descole y curaciones, entre otros. Todas estas

deberán realizarse por personal competente, capacitado y autorizado por el Médico Veterinario o Médico Veterinario Zootecnista. Así quedó establecido en el artículo 8, numeral 8.14 de la Resolución ICA 67449 de 2020 y artículo 6, numeral 6.14 de la Resolución ICA 68167 de 2020.

Notificación de eventos adversos (My): en los casos en que se evidencie que por la ingesta o administración de algún producto veterinario se presenta un evento adverso con alguno o varios animales, esta novedad



deberá reportarse de forma inmediata al ICA a través del formato vigente para este fin, según lo dispone el artículo 8, numeral 8.16 Resolución ICA 67449 de 2020 y el artículo 6, numeral 6.16 de la Resolución ICA 68167 de 2020.

5.4.1.5. REQUISITOS DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL -BPAA

Registro ICA y buen estado de alimentos comerciales (F): De acuerdo con lo estipulado en la Resolución 67449 y 68167 de 2020 para en sus artículos 9 y 7 respectivamente, el productor deberá garantizar que todo el alimento de fabricación industrial y venta comercial que sea empleado para la alimentación de sus animales en la finca, ya sean completos o suplementos nutricionales, deben contar con registro ICA dando cumplimiento a las normas de sanidad, comercialización y distribución, y además verificar que estos se encuentren en buen estado antes de disponerlos en los sitios de alimentación.

Uso de alimentos como vehículo para la administración de medicamentos para animales (F): Para los casos en donde el productor emplee algunos alimentos como vehículo o método para la ingesta de medicamentos en sus animales, de igual manera y como se mencionó anteriormente en la Resolución 67449 y 68167 de 2020, numerales 9.2 y 7.2 respectivamente, tanto el alimento como el medicamento deben contar con registro ICA, garantizando el cumplimiento de las normas sanitaria establecidas en él y asegurando la salud de sus animales. Cabe resaltar que estos procedimientos deben estar siempre orientados y autorizados mediante fórmula médica expedida por un Médico Veterinario o un Médico Veterinario Zootecnista.

Prohibiciones alimentación animal (F): El productor deberá tener muy presente que en la alimentación de sus animales está completamente prohibido emplear alimento que contenga harinas de carne, sangre y hueso vaporizado proveniente del procesamiento de carne, huesos y despojos de cualquier mamífero. No se podrán emplear en la alimentación de los animales, alimentos balanceados y suplementos que contengan harinas de carne, sangre y hueso vaporizado; de carne y hueso y despojos de mamíferos.

Así mismo, el ICA a través de la Resolución 67449 y 68167 de 2020 en sus numerales 9.6, 9.7 y 7.6, 7.7 respectivamente, estipulan la prohibición de alimentar a los semovientes con productos o subproductos de cosecha de cultivos ornamentales, leche de retiro, excretas, desechos de alimentación humana (lavazas) y mortalidades de otros seres vivos.

Uso de subproductos (My): En los casos que el productor utilice como parte de la dieta alimentaria de sus animales, productos y subproductos de cosechas o de la industria de alimentos para consumo humano, deberá garantizar que éstos se encuentren en buen estado y tendrá que almacenarlos de forma adecuada donde evite su deterioro y/o contaminación. Según los numerales 7.4 de la Resolución 67449 y 9.4 de la Resolución 68167 de 2020, el productor debe conocer y registrar el origen de estos productos y por ningún motivo podrá usar productos contaminados o en mal estado.

Insumos agrícolas y periodo de carencia (F): Para aquellos productores que cuentan con bancos de forrajes y cultivos destinados a la alimentación de sus animales, estarían obligados de acuerdo con las resoluciones ICA 67449 Artículo 9 y Resolución 68167 artículos 7 y 8, únicamente a usar plaguicidas, fertilizantes y demás insumos agrícolas que cuenten con registro ICA, respetando estrictamente los periodos de carencia que establece cada fabricante y que se encuentran consignados en el rotulado del producto cuando así corresponda. Los periodos de carencia son aquellos plazos o tiempo que se debe esperar entre la aplicación del insumo o fertilizante en los cultivos para poder hacer su aprovechamiento o ser consumido por los animales.

Cuando el productor realice la fertilización de praderas o cultivos que estén destinados al consumo animal con componentes de estiércol y efluentes, debe adoptar metodologías para éstas prácticas que ayuden a minimizar la diseminación de microorganismos patógenos y la proliferación de plagas.

Inventario de alimentos y materias primas (Mn): Es deber y responsabilidad del productor contar con éste inventario. La elaboración, seguimiento y control a éste documento deberá contener como mínimo la siguiente información: Identificación del origen, cantidad, lote del producto y fecha de compra, y en él irá registrando los ingresos, salidas y existencias de cada uno de los productos., según lo establecido en el Artículo 9 de la Resolución 67449 y artículo 7 de la Resolución 68167 expedida por el ICA en el año 2020,

Almacenamiento y calidad del agua para consumo de animales (My): De acuerdo a lo estipulado en las Resolución ICA 67449 y 68167 de 2020, artículos 9 y 7 respectivamente, en aquellos predios donde se implemente el almacenamiento de agua en tanques, el productor debe garantizar que éstos se encuentren tapados y limpios, asegurando la no contaminación con la caída de animales e insectos dentro de ellos. Deberá realizar mínimo una vez al año y tener documentado el monitoreo de la calidad del agua para consumo de los animales, teniendo en cuenta los parámetros para la determinación del riesgo para su consumo y conservar archivados mínimo los dos (2) últimos resultados del análisis de agua.

En la eventualidad que los resultados de éstos análisis no cumplan con los parámetros admisibles para el consumo de los animales, es deber del productor ejecutar acciones correctivas para garantizar la calidad del agua, implementando y dejando documentado los procedimientos hechos y dejar un registro de monitoreo más seguidos a la calidad del agua.

Está prohibido usar como agua de bebida para los animales, aquella que provenga de fuentes que han sido determinadas por la autoridad competente, como no aptas para este fin.

5.4.1.6. REQUISITOS DE SANEAMIENTO

Condición limpieza áreas, equipos y utensilios (My): El productor debe contar con un procedimiento documentado en el cual se ilustre el paso a paso y los procesos que se requieren para realizar la limpieza de las áreas y utensilios de trabajo, en el caso de fincas

lecheras, este documento también aplica y debe incluir el procedimiento para la limpieza de equipos de ordeño y del tanque de enfriamiento.

Dentro de los lineamientos establecidos en las Resolución ICA 68167 (Carne) artículo 8 Numeral 8.2 y 67449 (Leche) de 2020 artículo 10, Numeral 10.1 y 10.4 respectivamente, se hace la recomendación de dejar limpios y libres de desechos orgánicos, escombros, maquinaria y equipos inhabilitados los alrededores de las áreas de producción de tal manera que se minimice al máximo las fuentes de contaminación

Este procedimiento debe ser divulgado por el productor a todos los trabajadores de la finca asegurándose que conocen su contenido y cumplen con su implementación, además de garantizar que las áreas, equipos y utensilios se encuentren limpios y se destinan exclusivamente para tal fin.

El predio se encuentra ubicado en zonas alejadas de contaminación (My): Según los Numerales 8.8 y 10.2 de las Resolución ICA 68167 y 67449 de 2020 respectivamente, el productor deberá establecer su unidad productiva (Finca) en un área alejada de fuentes de contaminación tales como: ambientes que permitan la proliferación plagas, sitios de acumulación o disposición de desechos sólidos y líquidos de difícil manejo y retiro que generen riesgo para la salud de los animales y necesariamente vulnere la inocuidad de los productos que de ellos se obtienen.

En los casos en donde las fincas ya estén establecidas, es deber del productor formular y ejecutar medidas que ayuden a mitigar los riesgos que ocasionen contaminación del agua, suelo o aire.

Protección y conservación de fuentes hídricas (My): De acuerdo con lo establecido en los numerales 8.3 y 10.3 de las Resoluciones ICA 68167 y 67449 de 2020 respectivamente, si el productor cuenta en su finca con fuentes hídricas (como nacederos, reservación, ríos y quebradas) y las usa para el beneficio y ejercicio de la actividad productiva, deberá implementar y ejecutar las acciones necesarias para protegerlas y conservarlas.

Disposición de estiércol y de efluentes (My): El manejo que el productor de a éstos desechos deberá garantizar evitar la contaminación del medio ambiente. Para ello y según la Resolución ICA 68167 y 67449 de 2020 en sus numerales 8.5 y 10.5 respectivamente, el productor deberá tener definido y establecido en su finca la implementación de métodos idóneos para la disposición final de estiércol y efluentes mediante prácticas diarias apropiadas que minimicen la diseminación de microorganismos patógenos y la proliferación de plagas.

Manejo de residuos sólidos (My): El productor deberá clasificar, almacenar y la disponer los residuos sólidos de su finca, de tal manera que garantice que sus animales no podrán tener acceso a ellos, minimizando la posibilidad de contaminar la leche o la transmisión de agente patógenos en las reses.



Para ello, en su finca debe contar con la implementación de un sistema de contenedores (Recipientes) para el depósito de los desechos según su origen, ya sean materiales orgánicos, inorgánicos y/o peligrosos. Estos deben estar plenamente identificados (Se sugiere manejar paleta de colores para facilitar su identificación) de forma tal que ayuden a evitar la proliferación de plagas.

Dentro de éste sistema de contenedores, se tendrá especial cuidado con los desechos de residuos de carácter Biológico - Infeccioso como agujas y objetos cortopunzantes (bisturís y chuchillas de intervenciones quirúrgicas) cadáveres de animales, guantes desechables, los cuales deberán depositarse en un recipiente seguro denominado Guardianes, en donde estarán almacenados hasta que se garantice su disposición final acorde con la normatividad vigente, garantizando la disminución del riesgo sanitario en el predio.

Es obligación del productor dar un manejo adecuado a los medicamentos veterinarios, biológicos y entre otros insumos agropecuarios que se encuentren vencidos o que sus envases se encuentren vacíos para almacenarlos en un área temporal, la cual deberá estar alejada de los mismos productos que se tengan en uso, con el propósito de minimizar los riesgos de contaminación sanitaria y de inocuidad del predio. Cabe resaltar que los productos antes mencionados no deben ser reutilizados ni estar al alcance de niños ni de animales, en todo caso dando cumplimiento estricto a las disposiciones normativas ambientales vigentes. Así lo estableció las Resolución ICA 68167 y 67449 de 2020 en sus artículos 8 y 10 respectivamente.

Almacenamiento de productos agropecuarios, equipos y herramientas (My): En su finca, el productor deberá disponer de áreas, espacios, contenedores y/o instalaciones que cuenten con una funcionalidad independiente y estar debidamente identificadas, ya sea para el almacenamiento de medicamentos veterinarios, alimento para animales, subproductos de cosecha o industria, plaguicidas, fertilizantes o cualquier otra sustancia química usada en la producción pecuaria. Así mismo, para el almacenamiento de la maquinaria, equipos y/o herramientas.

Cada una de las áreas mencionadas anteriormente debe cumplir con las características de funcionalidad acorde al uso que se le dé y el producto que se esté almacenado allí, de tal forma que se mantenga su calidad y se minimice el riesgo de contaminación cruzada.

Por lo anterior, el ICA a través de las Resolución 68167 y 67449 de 2020 en los artículos 7 - 8 y 9 -10 respectivamente, estableció criterios y parámetros mínimos a considerar por los productores a la hora de implementar el almacenamiento de los productos agropecuarios, equipos y herramienta en sus predios. En ese sentido, para el caso del almacenamiento de alimento en bultos, éstos deberán estar necesariamente en un área bajo techo, apilarse sobre estibas, estar distanciados de las paredes, garantizando condiciones adecuadas de humedad, filtración de agua y temperatura.

De igual manera, para el almacenamiento de los productos y subproductos de cosecha e industriales empleados en la alimentación de los animales, se deben disponer en ambientes que garanticen la preservación y conservación de la calidad de éstos.

En el caso del alimento concentrado a granel, se debe disponer de silos para su almacenamiento los cuales deben estar en perfectas condiciones estructurales y garantizar completa hermeticidad, asegurando que no ingrese humedad y así evitar la proliferación de hongos y descomposición del alimento.

En aquellos predios donde cuenten con bodegas de alimentos, se debe asegurar que el diseño de su estructura y componentes funcionales tales como puertas, ventanas y unión entre la cubierta y los muros no permitan el ingreso de aves, plagas y animales.

Manejo de plagas y roedores (My): Es deber del productor contar en su predio con un programa de control de plagas y roedores. En éste programa se debe demostrar las acciones preventivas y de control diseñada para minimizar la proliferación de éstas.

De acuerdo con lo establecido en las Resolución ICA 68167 y 67449 de 2020, en sus numerales 8.12 - 8.13 y 10.12 -10.13 respectivamente, es indispensable que el productor tenga debidamente documentado la ejecución de estos programas, dejando evidencia de los procedimientos utilizados y llevar registro de los productos aplicados contra plagas y roedores en la labor de limpieza y desinfección. Para ello, debe contar con los registros de la autoridad competente.

5.4.1.7. REQUISITOS DE BIENESTAR ANIMAL

Adaptación de los animales (My): En las eventualidades donde el productor introduzca animales provenientes de otras regiones con condiciones ambientales diferentes a las de su finca, deberá diseñar e implementar un procedimiento para la adaptación al clima local de los animales a los nuevos ambientes. En dicho procedimiento se debe documentar el avance, novedades y parámetros de adaptación que presenten los animales, especialmente se debe registrar la implementación de acciones que prevengan las enfermedades de la zona y el control de parásitos. Así lo definió el ICA en sus Resoluciones 68167 y 67449 de 2020, Numerales 9.1.1 y 11.1.1.

Superficies y espacio disponible (My): Dentro de los parámetros que establece las Resoluciones ICA 68167 y 67449 de 2020 para el componente de bienestar animal, los numerales 9.1.2 y 11.1.2 respectivamente, resaltan las consideraciones que deben tener en cuenta los productores en las áreas de producción de su finca.

En éste sentido el productor debe verificar que las instalaciones como área de ordeño, corrales, mangas entre otras, destinadas a la producción y por donde el ganado circula, sean cómodas, seguras, confortables y le permitan al animal mostrar su comportamiento natural.

Estos espacios deben adaptarse a la edad y especie del animal permitiéndole realizar desplazamientos, movimientos, descansos y cambios de postura normales.

El productor debe garantizar que los pisos de estas áreas sean construidos en un material antideslizante que facilite su limpieza, desinfección y el drenaje.

En caso de evidenciarse que la superficie de pisos y/o rampas de acceso o salientes sean lisas y causen lesiones o que las áreas de producción generen sobrecarga de animales o tengas poco espacio son indicadores de incumplimiento.

Si la iluminación de éstas instalaciones es a través de una fuente artificial, el productor debe garantizar que ésta no sea dirigida directamente a los ojos de los animales.

Agrupamiento social (My): El propietario debe garantizar que los animales cuenten con espacios donde se permita su agrupamiento social implementando las medidas necesarias para evitar los accidentes de violencia entre ejemplares de diferentes sexos, edades o tamaños. Estos espacios deben garantizar una ventilación idónea ya sea de fuentes naturales o artificiales, tomando en consideración la temperatura y/o humedad y las necesidades de los animales.

De acuerdo con lo establecido en las Resoluciones ICA 68167 y 67449 de 2020 en los numerales 9.1.3 y 11.1.3, en las oportunidades cuando se presenten condiciones climáticas extremas no se debe impedir que los animales utilicen sus métodos naturales de termorregulación.

La evidencia de contar con lugares mal ventilados en la finca o agrupación de animales que generen lesiones entre los animales son indicadores de incumplimiento

Estabulación (My): El productor debe garantizar una ventilación idónea ya sea de fuentes naturales o artificiales, tomando en consideración la temperatura y/o humedad y las necesidades de los animales.

De acuerdo con lo establecido en las Resoluciones ICA 68167 y 67449 de 2020 en los numerales 9.1.3 y 11.1.3, en las oportunidades cuando se presenten condiciones climáticas extremas no se debe impedir que los animales utilicen sus métodos naturales de termorregulación.

La evidencia de contar con lugares mal ventilados en la finca o agrupación de animales que generen lesiones entre los animales son indicadores de incumplimiento

Enfermedades y parásitos (My): Es deber y responsabilidad del productor identificar las enfermedades y traumatismos que presentes sus ejemplares. La evidencia y verificación de ectoparásitos, endoparásitos y signos de cojeras en los animales principalmente son parámetros de evaluación en cuando superen el 30% de los ejemplares evaluados de la finca

serán calificados con el indicativo de incumplimiento para éste criterio según lo dispuesto en los numerales 9.1.6 y 11.1.6 de las Resoluciones ICA 68167 y 67449 de 2020 respectivamente.

Alimentos y agua (My): El productor deberá garantizar el acceso suficiente y de calidad de agua y alimento para sus reses, estos insumos deberán estar acorde con su edad y necesidades. Aquellos predios que se encuentren por debajo de los 1.500 m.s.n.m. tendrán especial cuidado al contar con el deber de proteger del sol los bebederos, comederos y saleros.

Las Resoluciones ICA 68167 y 67449 de 2020 en sus numerales 9.1.5 y 11.1.5 respectivamente establecen que aquellos predios en donde se evidencia la ausencia de agua o cuyo número de bebederos, comederos y saleros sea insuficiente respecto al número de animales que tenga el productor, será tomado con indicador de incumplimiento. De igual manera se declarará el incumplimiento si el porcentaje de animales en condición corporal entre 1 y 5 supera el 30% de la totalidad del hato bovino de la finca.

Sacrificio humanitario (My): Para aquellos casos en los que se requiera realizar el sacrificio de un animal, el productor deberá implementar un método de sacrificio humanitario después de haber evaluado las posibilidades de vida del animal, sus alternativas de tratamiento y que el resultado de esta evaluación determine que no puede recuperarse o levantarse.

El método de sacrificio humanitario deberá estar enmarcado en las alternativas descritas en el título 7 del código sanitario para los animales terrestres de la OIE Organización Mundial de Salud Animal por sus siglas en inglés. Así lo estipulan los numerales 9.1.6 y 11.1.6 de las Resoluciones ICA 68167 y 67449 de 2020 respectivamente.

No seguir estos métodos o no realizar sacrificio humanitario en las situaciones descritas son indicativos de incumplimiento.

Dolor y sufrimiento (F): En los eventos en que las intervenciones al animal necesariamente sean dolorosas, deberán implementarse los métodos regulados disponibles que apliquen y se permitan. Es un deber del propietario agotar estas instancias.

A toda costa se debe evitar golpear a los animales, es por esto que la evidencia de tábanos (Arreador Eléctrico) o cualquier otro instrumento que cause dolor a través de electricidad será indicativo de incumplimiento para este criterio.

Las Resoluciones ICA 68167 67449 de 2020 en sus numerales 9.1.7 y 11.1.7 establece que el productor debe verificar que todos los procedimientos e intervenciones hechas en los animales y que requieran el uso de analgésicos o anestésicos deben estar bajo instrucción o supervisión de un Médico Veterinario o un Médico Veterinario Zootecnista con la participación de personal capacitado. Dentro de las intervenciones se incluyen castraciones, descorne, marcaje o cualquier procedimiento quirúrgico.

Relación hombre – animal (My): En el predio se debe contar con la cultura de manejo de actividades cotidianas de forma armoniosa entre los trabajadores y los animales. El productor deberá promover una relación positiva entre sus colaboradores y los ejemplares direccionados a no causar heridas, pánico, miedo o estrés constante.

En las actividades de vaquería, ordeño o cualquier otra se debe verificar la zona de fuga de los animales y en lo posible evitar los gritos y ruidos inusuales. Se sugiere que el método de desplazamiento de los animales sea a través del uso de banderines.

Los numerales 9.1.8 y 11.1.8 de la Resolución ICA 68167 y 67449 de 2020 respectivamente establece que a mayor zona de fuga o presencia de gritos o ruidos altos y golpes es indicativo de incumplimiento.

5.4.1.8. REQUISITOS DE PERSONAL

Capacitación al personal (F): De acuerdo con las Resolución ICA 68167 y 67449 de 2020 en sus numerales 9.2.1. y 11.2.1 respectivamente, establece que tanto los propietarios como los operarios y/o cuidadores deberán contar con un conocimiento básico y participar de actividades de capacitación en buenas prácticas ganaderas, ganadería sostenible, manejo sanitario, bienestar animal y de inocuidad de los alimentos.



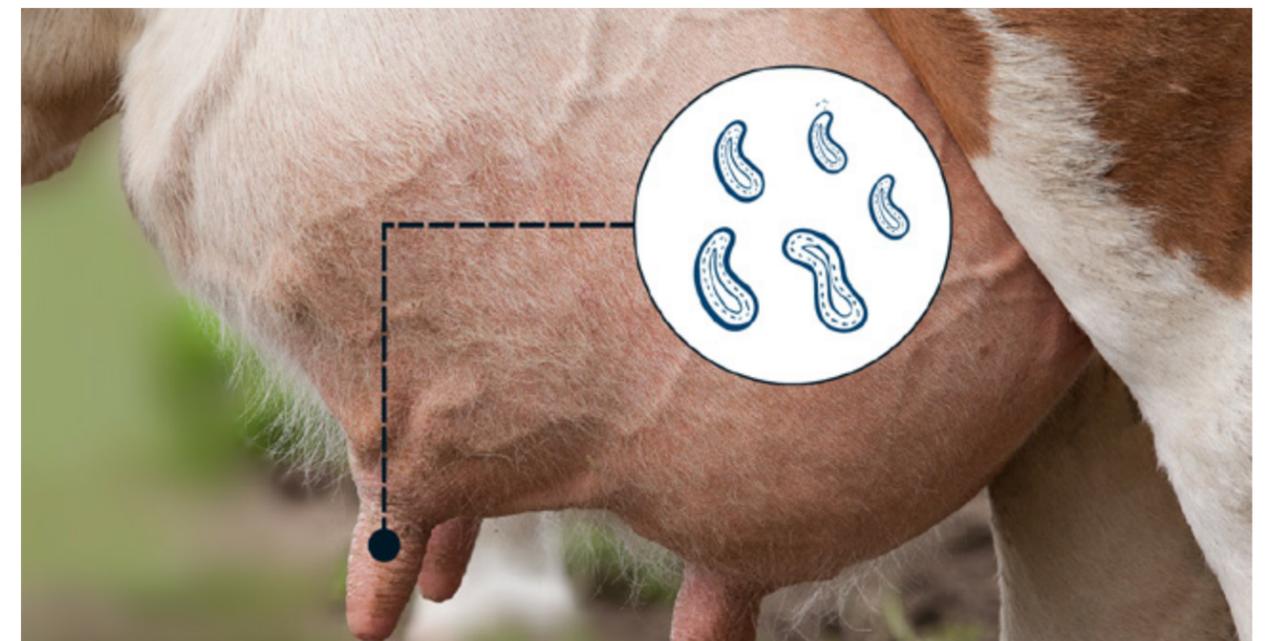
Uso de implementos (Mn): El productor deberá dotar y exigir a su personal operativo de la finca el uso de los implementos necesarios para las labores relacionadas con el manejo de los animales. Así lo establece las Resolución ICA 68167 y 67449 de 2020 en sus numerales 9.2.2 y 11.2.2 respectivamente.

5.4.2. Requisitos exclusivos para producción de leche

5.4.2.1. SANIDAD

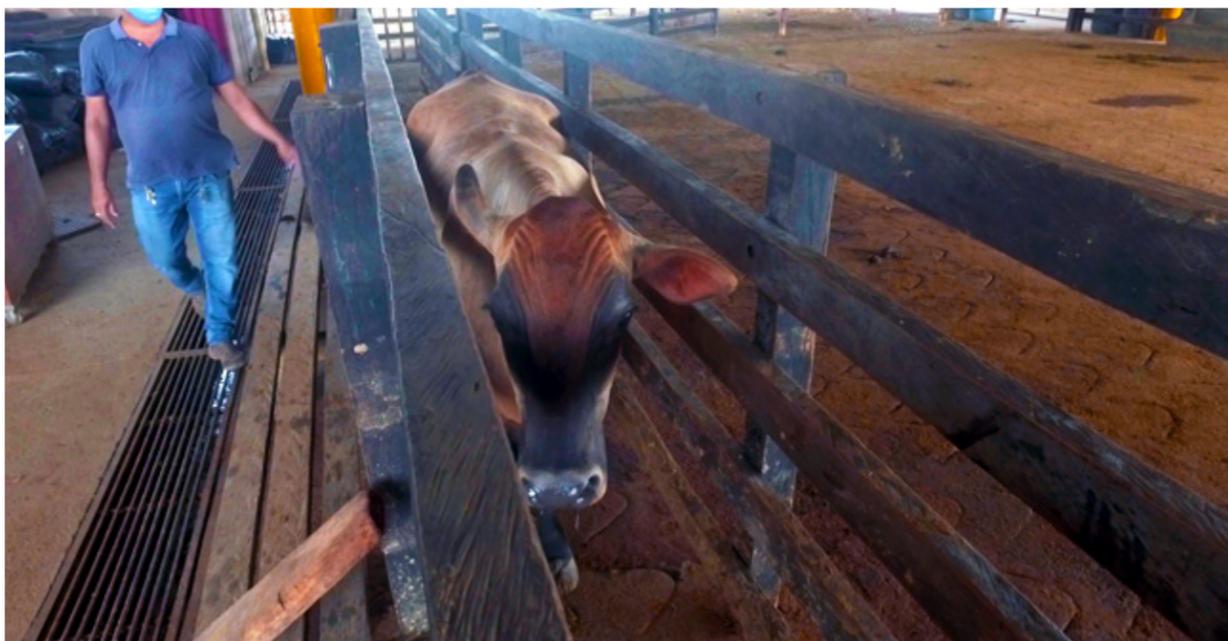
Programa de prevención y control de mastitis (F): los propietarios de aquellos hatos ganaderos destinados a la producción y comercialización de leche están en la obligación de contar con un programa de prevención y control documentado de la mastitis, el cual debe incluir, como mínimo, la siguiente información.

- ✓ Procedimiento para realizar la prueba diagnóstica de mastitis.
- ✓ Registro de ejecución de la prueba diagnóstica mastitis (fecha, identificación animal, resultado, interpretación de la prueba).
- ✓ En caso de realizar cultivo y antibiograma para mastitis clínica, se deben archivar los resultados.
- ✓ Acciones por tomar en animales positivos.
- ✓ Disposición de la leche de animales positivos.
- ✓ Esto, de acuerdo con las disposiciones dadas en la Resolución No. 67449 de 2020 en su artículo 5, numeral 5.1.7.



5.4.2.2. HIGIENE Y ORDEÑO

Zona de espera (My): el corral o salón de ordeño deberá contar un área de espera, donde permanecerán temporalmente los animales previamente al inicio de las actividades de ordeño. Esta área (manga) se ubica en inmediaciones del corral y deberá estar limpia, libre de lodos y tener buen sistema de drenaje. Su objetivo es minimizar el riesgo de afectación de los animales y de la inocuidad de la leche; por lo tanto, deberá ser un espacio que garantice condiciones higiénicas adecuadas durante la permanencia en él de los semovientes que deban esperar el ingreso al corral. Así lo establece la Resolución 67449 de 2020 en su artículo 6, numeral 6.1.



Instalaciones de ordeño fijo (F): para aquellas fincas que cuenten con salones de ordeño fijo, sea este manual o mecánico, la Resolución 67449, en su artículo 6, numeral 6.2, establece que estos deben cumplir con los siguientes requisitos o parámetros:

- ✓ Contar con pisos, paredes y techos con materiales en buen estado y que faciliten su limpieza.
- ✓ Evitar el acceso de animales de otras especies inherentes con el sistema productivo, como gatos, perros, gallinas, etc.
- ✓ Garantizar una óptima iluminación y ventilación para el buen desempeño de las actividades de ordeño. En caso de requerir iluminación artificial (lámparas, bombillos, reflectores) esta no debe estar dirigida directamente a los ojos de los animales, y deberá estar a una altura idónea y contar con protección ante el riesgo de ruptura.

- ✓ Adoptar medidas, protocolos o mecanismos que minimicen el riesgo de contaminación de la leche en aquellos casos donde sea necesario realizar el traslado desde el sitio de ordeño hasta el lugar o cuarto de refrigeración.



Instalaciones de ordeño móvil en potrero (F): para las fincas que en cambio cuenten con ordeño móvil en potrero, sea este manual o mediante dispositivos mecánicos, la Resolución 67449 establece en su artículo 6, numeral 6.3 que estos deben cumplir con los siguientes requisitos o parámetros:

- ✓ Garantizar una óptima iluminación para el buen desempeño de las actividades de ordeño. En caso de requerir iluminación artificial (lámparas, bombillos, reflectores) esta no debe estar dirigida directamente a los ojos de los animales y debe contar con protección ante el riesgo de ruptura.
- ✓ Tomar en consideración que el diseño del corral móvil se ajuste a la ubicación temporal en el potrero, de manera que garantice su limpieza, desinfección y mantenimiento al punto de que el riesgo de contaminación de la leche sea mínimo.
- ✓ Establecer un mecanismo que ayude a minimizar el riesgo de contaminación de la leche durante el traslado desde el sitio de ordeño hasta el sitio de refrigeración.
- ✓ Contar con protección a la intemperie y evitar que otros animales de diferentes especies tengan acceso durante el ordeño.



Instalaciones Sanitarias (Mn): al personal vinculado a la actividad de ordeño el productor debe garantizarle el servicio de dispositivos sanitarios adecuados (inodoro, orinal y lavamanos) completamente separados de la sala de ordeño o corral. Estos deben permanecer limpios y con disponibilidad de los productos necesarios para la higiene y desinfección personal (jabón, papel higiénico, toallas de papel o tela).

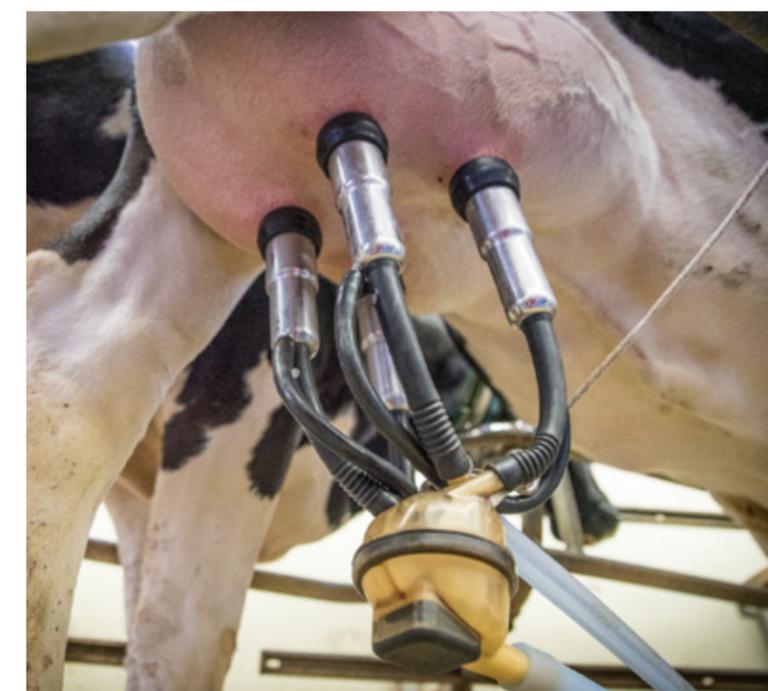
En el caso del ordeño móvil en potrero, se debe garantizar el suministro de agua y jabón al personal para el lavado de manos, según lo dispone el numeral 6.4 del artículo 6 de la resolución 67449 de 2020.

Rutina de ordeño (F): el productor deberá documentar el procedimiento de rutina de ordeño que maneje en su finca; a través de formatos físicos que deberán permanecer en un lugar visible dentro de las instalaciones de la sala de ordeño o corral. En él se deben describir las medidas, métodos y/o mecanismos usados para evitar la suciedad de los flancos, ubres y colas, el recorte de pelos de la ubre y la borla de la cola etc., todo ello con el fin de minimizar el riesgo de contaminación de la leche durante la actividad de ordeño.

Es importante mencionar que este documento es verificado por el auditor, así como el conocimiento y la aplicabilidad que de este tengan los trabajadores. Durante la auditoría, se evidencia la limpieza de los pezones y la higiene de las manos y antebrazos de los ordeñadores; asimismo, se vigila que el trabajador haga el lavado de manos y antebrazos, que tenga las uñas cortas y limpias y que no tengan lesiones o heridas, etc. Para los casos en los que el ordeñador sea la misma persona que maneja la vaca, se vigila el cumplimiento del lavado de manos y desinfección entre cada animal, según lo establecido en la Resolución 67449 de 2020, puntualmente en su artículo 6, numeral 6.5.1.

Equipos, elementos y utensilios de ordeño (F): el productor debe contar y disponer de los equipos apropiados y de uso exclusivo para cada fin o tarea a la que se destinan en la actividad de ordeño. Estos deben conservarse en óptimas condiciones de funcionamiento.

De acuerdo con lo estipulado en el numeral 6.5.2 correspondiente al artículo 6 de la Resolución 67449 de 2020 del ICA, los equipos, elementos y utensilios empleados en el manejo de la leche deben estar fabricados en materiales resistentes al uso y a la corrosión, de igual manera deben ser resistentes a la utilización diaria de los agentes de lim-



pieza y desinfección (jabones, ácidos y productos químicos) que no permiten la acumulación de residuos de leche y/o microorganismos en ellos. Finalmente, deben ser almacenados, limpios y desinfectados de manera que se evite su contaminación.

Disposición leche anormal y de retiro (F): es deber del productor diseñar, documentar e implementar el procedimiento de leche anormal y de retiro. En este procedimiento se debe especificar que aquellos animales que producen leche anormal y de retiro serán ordeñados de últimos, separados del resto de animales, y su leche deberá ser descartada de forma adecuada, garantizando no solo que no sea consumida por personas ni animales, sino también que no contamine al medio ambiente.

Teniendo en cuenta el artículo 6. en su numeral 6.5.4, de la Resolución 67449 de 2020, el productor debe tener plenamente identificados aquellos animales que presentan cuadros de enfermedades, como mastitis o producción de leche anormal, así como aquellos que estén bajo tratamiento veterinario (que estén recibiendo medicamento veterinario) para ser ordeñadas al final de la jornada y en caneca independiente a la del circuito de ordeño, o bien de forma manual.

Por ningún motivo la producción de leche anormal y de retiro podrá formar parte del circuito de transporte de leche de la finca; tendrá que disponerse en contenedores previamente identificados para el uso exclusivo de este producto. El productor podrá usar la leche anormal para procesamiento de abonos orgánicos debidamente sustentados en un programa de aprovechamiento o, en su defecto, descartarla en el sistema séptico de la finca.

Agua utilizada en rutina de ordeño, lavado de equipos de ordeño y tanque de enfriamiento (My): tal como lo establece el artículo 6, numeral 6.5.5 de la Resolución 67449 de 2020 del ICA, el productor deberá garantizar que el agua destinada para las actividades enmarcadas en la rutina de ordeño, lavado de equipos de ordeño y del tanque de enfriamiento debe ser potable o provenir de una fuente de fácil potabilización, con el fin de no alterar la calidad de la leche.

Conservación de la leche (My): en aquellos casos en los que el tiempo de entrega de la leche al circuito de transporte sea mayor a dos (2) horas, el productor debe contar con un sistema de almacenamiento adecuado, que asegure su refrigeración a una temperatura que minimice la proliferación de bacterias y garantice su calidad. Así lo define la Resolución 67449 de 2020 del ICA en el artículo 6, numeral 6.5.7.

5.4.2.3. TANQUE DE ENFRIAMIENTO DE LECHE

-Cuarto tanque de enfriamiento (F): las fincas que cuenten con tanque de enfriamiento para la leche deben tenerlo dentro de un cuarto cerrado y de uso exclusivo para este fin. Este cuarto debe cumplir con un diseño que no permita el ingreso de plagas ni animales; además, sus pisos, paredes y techos deben estar contruidos con materiales en buen estado y cuya superficie permita la fácil limpieza y desinfección. Para esta última actividad, el productor debe diseñar, documentar y dejar en un lugar visible el procedimiento de limpieza y desinfección del cuarto de enfriamiento, documento que debe ser conocido y aplicado por el personal.



El cuarto del tanque de enfriamiento debe ubicarse en un sector de la finca que garantice el aislamiento con las fuentes de contaminación, por lo tanto, no podrá existir accesos o puertas de comunicación con sanitarios, la sala de ordeño, la sala de espera ni de ninguna otra área que tenga potencial para contaminar la leche. Lo anterior, dando cumplimiento a lo estipulado en el artículo 7, numerales 7.1, 7.2 y 7.3 de la Resolución 67449 de 2020 del ICA.

Registro de temperatura del tanque de enfriamiento (My): el numeral 7.5 de la misma resolución establece que el equipo de refrigeración usado debe contar con un registro de temperatura en un lugar de fácil acceso, de manera que sea posible vigilar y verificar el buen funcionamiento del tanque y revisar que la temperatura se conserve en 4 grados centígrados (+/- 2 grados).

Asimismo, y con el propósito de garantizar que la leche se mantenga refrigerada durante los eventos de cortes de fluido eléctrico que se puedan presentar en la finca, el productor

Asimismo, y con el propósito de garantizar que la leche se mantenga refrigerada durante los eventos de cortes de fluido eléctrico que se puedan presentar en la finca, el productor



debe contar con un sistema de emergencia conectado a un respaldo de generación de energía alternativa (planta eléctrica, paneles solares, etc.) con capacidad de satisfacer la demanda eléctrica que requiere el tanque de enfriamiento.

5.5. BENEFICIOS

El componente de la salud alimentaria juega un papel importante para el ganadero, quien se ve altamente favorecido al demostrar que sus productos provienen de un predio certificado en BPG. Esto, debido a la implementación de programas de calidad en la cadena de producción y el cumplimiento de los requisitos fundamentales establecidos en la normatividad vigente del ICA, garantizan al consumidor confianza, tranquilidad y seguridad de adquirir alimentos inocuos, de mejor calidad y libres de enfermedades zoonóticas, siendo aptos para el consumo humano.

Consecuentemente, el beneficio socioeconómico es directo frente un predio certificado en BPG, pues mejora su imagen y percepción comercial, y es catalogado como un ejemplo a seguir, además de que incentiva la dignificación del trabajo para el personal que allí trabaja y su ambiente laboral. Asimismo, todos los alimentos producidos en estos predios cumplirán con estándares de calidad internacional, y le permitirán al ganadero incursionar en un sector más competitivo, le brindará necesariamente una visión más global de su negocio y mayor entendimiento y organización de los procesos pecuarios adelantados en su finca. De esta manera, podrá no solo optimizar recursos, controlar procesos y generar mayores ingresos, sino además posicionar su predio y unidad de negocio de manera sólida, tanto regional como nacionalmente.

Al implementar las BPG, intrínsecamente se está aportando al cuidado y conservación de las fuentes hídricas, y se está cumpliendo con las medidas de mitigación de los riesgos que puedan contaminar el agua, el suelo o el aire, al diseñar y crear metodologías para mitigar estos riesgos, mediante el buen manejo en la disposición de estiércol, efluentes y residuos sólidos. Estas acciones reflejan la disminución del impacto ambiental. Adicionalmente, dentro de los parámetros de cumplimiento de un predio certificado en BPG se estimula el bienestar animal, un aspecto esencial para lograr un impacto positivo en los animales y su producción, lo que traduce en mayor rentabilidad de la explotación (Ramírez).

5.6. COMENTARIO FINAL

La implementación de las BPG tiene la capacidad de potencializar el desarrollo económico tanto del predio, como de la región y el país, pues trae amplios beneficios en el sector de la salud alimentaria, desarrollo social, crecimiento económico y conservación ambiental. Sin embargo, entre las principales dificultades que se presentan para que los predios alcancen la certificación en BPG están la permisibilidad o flexibilidad legislativa con el productor pe-

cuario, pues este certificado está catalogado como no obligatorio, lo cual deja una brecha difícil de cubrir en el corto y mediano plazo. Además, se evidencia la falta de conocimiento de estas prácticas por parte de los ganaderos, lo que identifica una alerta a la institucionalidad nacional pertinente para crear mayores programas y/o escenarios de divulgación entre los propietarios de predios agropecuarios. En conversaciones personales con algunos propietarios de predios en el departamento del Caquetá se identificó que muchos de ellos no tenían el conocimiento sobre la resolución BPG en bovinos, y que, por el contrario, creían que este certificado era otorgado a través de un curso personalizado de Buenas Prácticas Ganaderas, mas no que era un programa de intervención estructurado, regulado y vigilado por el ICA.

Una de las alternativas más eficaces que se propone es que desde la legislación nacional e institucional se considere darle el estatus de cumplimiento obligatorio a los criterios fundamentales establecidos por la Resolución ICA 67449 y 68167 de 2020 por parte de todos los predios productores de alimento para consumo humano y así pueda realizar la venta de la producción primaria.

Bibliografía

Arbeláez Pan, A. F. (2018). *Valoración del cumplimiento de las buenas prácticas ganaderas BPG en las fincas ganaderas de las veredas del municipio de Cabuyaro Meta* [Universidad de La Salle]. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia>

Andrade Valencia, A. C. (2020). *Análisis de la implementación de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) y la resolución 000017 de 2012 de pago por calidad de leche, desarrolladas en la Cooperativa Cooprolac del municipio de Guatavita Cundinamarca* [Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/27624>

Cuartas Martinez, B. (2018). Satisfaction among dairy farm owners after certification on good management practices. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* 71(3): 8623-8630.

Parra Muñoz, M.C. (2016). *Costos de implementación de las buenas prácticas de ordeño en cuatro escenarios de hatos lecheros en Cundinamarca* [Universidad de la Salle]. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/30/>

Ramírez Carrillo, C.T. (2019). *Bienestar animal en vacas de lechería especializada* [Universidad de Cundinamarca]. <https://repository.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2862>

Sarmiento Pérez, M.P. (2020). *Aproximación a las buenas prácticas ganaderas y sus beneficios en la industria pecuaria colombiana* [Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/36295?show=full>

Resolución 068167 de 2020, (2020). <https://www.ica.gov.co/getattachment/db5b-53ff-0752-4884-90b8-a7ce15ce1ead/2020R68167.aspx>

Resolución 67449 de 2020, (2020). <https://www.ica.gov.co/getattachment/6b-7f82ab-bccd-4bf5-a5c6-5bfff35b772b/2020R67449.aspx>

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2021). *Buenas prácticas ganaderas*. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/inocuidad-en-las-cadenas-agroalimentarias/listado-de-predios-certificados-en-bpg.aspx>

Pilares de la ganadería bovina



Material desarrollado por:

estratégica
comunicaciones

