

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Buenas prácticas pecuarias en becerras lecheras

Por:

Andrea Villarreal Saldivar

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Abril 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Buenas prácticas pecuarias en becerras lecheras

Por:

Andrea Villarreal Saldivar


MONOGRAFÍA

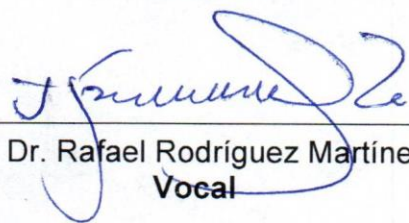
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA


Aprobada por:


Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Presidente


MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Vocal


Dr. Rafael Rodríguez Martínez
Vocal


MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Vocal suplente


MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Abril 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Buenas prácticas pecuarias en becerras lecheras

Por:

Andrea Villarreal Saldivar

MONOGRAFÍA

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:




Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Asesor Principal



MC José Luis Francisco Sandoval Elías
Coasesor



Dr. Rafael Rodríguez Martínez
Coasesor



MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Abril 2026

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater por brindarme un lugar en sus aulas, por brindarme los estudios de una carrera difícil pero muy gratificante. Por permitirme pasar 5 años maravillosos de mi vida rodeada de personas con distintas tradiciones y costumbres, pero, sobre todo, por darme la oportunidad de formarme de manera profesional.

A mis asesores de monografía, al Dr. Pedro Antonio Robles Trillo, al Dr. Rafael Rodríguez Martínez y al MC. José Luis Francisco Sandoval Elías; por su amistad, su apoyo, su paciencia y sus enseñanzas brindadas a lo largo de la carrera y durante la realización de este trabajo.

A todos mis maestros me que brindaron su conocimiento y estuvieron a la disposición de resolución de dudas y repetirme todo lo que no entendía.

A mis compañeros y amigos de generación por ser solidarios conmigo y ayudarme con los apuntes, repetirme cosas que no comprendía y explicarme las mismas; también por su apoyo, compañía y amistad. Pero especial agradecimiento a mis amigos Mariana Pliego, Marlon Vélez, Inés Elizabeth Torres, Guadalupe Martínez, Omar Zepeda, Adrián Vega, Evelyn Castillo, Ana Santana, Luis Ángel Pliego y Abigail Bertaud.

A mis amigas que hice laborando en la clínica veterinaria Fátima Padilla y Daniela Meza por su amistad y compartirme su conocimiento.

Al M.V.Z. Francisco Papadakis Reyes por su amistad y su apoyo a lo largo de la carrera.

DEDICATORIA

A mis padres Dionicio Villarreal Ávila y Patricia Corro López, por brindarme todas las herramientas, confianza, amor, consejos y enseñanzas hasta el día de hoy. Gran parte de lo que soy, se lo debo a ustedes. Muchas gracias por todo lo que han hecho por mí, por alentarme siempre, por todo lo que hemos pasado y seguimos juntos. Este es el principio de muchas cosechas exitosas y otras no tanto, esta cosecha exitosa es más suya que mía, disfrútenla.

A mi mamá Marisol Saldívar Pérez, tu estancia fue corta en este mundo, aun así, no te olvido. Gracias infinitas por brindarme la vida junto con mi papá y nunca rendirse por mi hermana y por mí, por darnos el privilegio de escuchar.

A mamá Sol, te fuiste antes de poder ver esto que por meses y hasta años estabas esperando. Te doy las gracias infinitas por motivarme (en esto, sobre todo), escucharme, cuidarme, y apapacharme. En este momento, te traigo arraigada en mi corazón, supiste lo mucho que me costó. Este es un logro del que estoy segura que ambas querían ver fervientemente. Las amo y extraño mucho, mis angelitos.

A mi novio Rodrigo Javier Varela Meza, mi chiquito, por sin conocer mucho de mí vida ejerciendo mi carrera, me hayas alentado a cumplir mis metas como hasta el día de hoy a sacar mi título y quererme ver como titulada, aunado esto, aprovecho también para agradecerte tu apoyo incondicional en cualquier momento, tu compañía, consejos y enseñanzas. Te amo muchísimo.

A mi hermana Pao Villarreal Saldívar, mi flaca. Muchas gracias por todo lo que me has enseñado, por este camino que hemos recorrido juntas en el mundo del ruido y del silencio. Espero de corazón tener esa conexión toda la vida, puesto que tenemos tantos sueños y camino que recorrer juntas.

A mi tío Omar Saldívar Pérez, en estos últimos años, has ido tomado mucha más relevancia y has tomado más espacios en mi vida, lo agradezco tanto. Platicar contigo me reconforta mucho, sobre cuando nos ponemos a recordar, pero lo que más me emociona, es estar creando más recuerdos nuevos juntos en esta etapa de la vida, gracias por estar.

A mami Leo, muchas gracias por fungir como mi mamá por mucho tiempo. Te adoro mucho, gracias infinitas por siempre escucharme, por brindarme tu confianza, tu cariño y siempre estar ahí.

A mis hermanos Oziel Valentín e Issaí. La vida los ha puesto en mi camino y he aprendido mucho de ustedes. Los pongo aquí para demostrarles que todo con constancia y mucho esfuerzo se logra, independientemente de lo que uno padezca o haya vivido, tengan eso en mente siempre. Los quiero mucho.

A mi prima Cass, por todo tu apoyo que me has brindado en esta etapa de mi vida y por darme consejos al realizar este trabajo. Gracias, muchas gracias.

CONTENIDO

DEDICATORIA	II
ÍNDICE DE CUADROS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
I. INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
OBJETIVOS	2
METODOLOGIA	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 CARACTERÍSTICAS Y ANTECEDENTES DEL GANADO BOVINO LECHERO	
4	
2.2 BUENAS PRÁCTICAS PECUARIAS	6
2.2.1 BIENESTAR ANIMAL	8
ALOJAMIENTO	12
RUIDO	15
ESTRÉS	17
MODELOS DE BIENESTAR ANIMAL	20
➤ MODELO: CINCO LIBERTADES	20
➤ MODELO WELFARE QUALITY®	22
➤ MODELO CINCO DOMINIOS	27
2.2.2 ZOOTECNIA	30
NUTRICIÓN	31
INMUNIDAD	34
TRAZABILIDAD E IDENTIFICACIÓN DEL ANIMAL	38
2.2.3 INOCUIDAD ALIMENTARIA/ BIOSEGURIDAD	40
2.2.4 SUSTENTABILIDAD	44
III. CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	50

V. BIBLIOGRAFÍA.....	52
----------------------	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Jerarquía científica de la especie bovina. Gráfico adaptado de Integrated Taxonomic Information System, 2025.....	4
Cuadro 2. Principios, criterios y medidas del protocolo de bienestar Welfare Quality. Adaptado de Welfare Quality®, 2009.....	25
Cuadro 3. Parámetros de calidad del agua de consumo animal y límites permisibles. Adaptado de SENASICA-SAGARPA, 2018.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Factores que comprenden a las Buenas Prácticas Pecuarias: Zootecnia, Inocuidad/Bioseguridad, Bienestar Animal y Sustentabilidad (Fuente Propia, 2026).	7
Figura 2. Integración de los enfoques del bienestar animal dentro de las Buenas Prácticas Pecuarias en la crianza de becerras lecheras (Fuente Propia, 2026). ..	12
Figura 3. Las 5 Libertades del bienestar animal de Farm Animal Welfare Council. Adaptado de FAWC, 2009.	22
Figura 4. Adaptación conceptual del modelo de los Cinco Dominios para la evaluación del bienestar en becerras lecheras. Elaboración propia con base en Mellor (2017) y Mellor et al. (2020).....	29
Figura 5. La inmunidad, la trazabilidad e identificación del animal y la nutrición son aspectos claves de la zootecnia (Fuente Propia, 2026).	31
Figura 6. Fotografía los compartimentos gástricos. Se ilustra la dirección de la gotera esofágica en la cual baja el alimento lácteo hasta el abomaso, su destino final. Adaptado de Kaba et. al., 2018.	32
Figura 7. Desarrollo de los compartimentos gástricos desde el nacimiento hasta el destete. Adaptado de Coleen y Heinrichs, 2022.....	33
Figura 8. Comparación del desarrollo de las papilas ruminales en becerras de 6 semanas de edad. En la imagen A se muestra el rumen de una becerro alimentada con leche solamente, en la imagen B el rumen de una becerro alimentada con grano y leche, y en la C el rumen de una becerro alimentada con alfalfa y leche. Adaptado de Coleen y Heinrichs, 2022.	34
Figura 9. Desarrollo de la respuesta inmune en la becerro: desde la concepción hasta la pubertad. Adaptado de Chase et al., 2008.....	37
Figura 10. Descripción física del arete tipo bandera (oreja izquierda) y arete tipo botón (oreja derecha) utilizados en el sistema oficial de identificación bovina en México. Adaptado de DOF, 2015.	39
Figura 11. Factores en la ganadería sustentable. Adaptación propia basada en Segerkvist et al., 2020.....	45

RESUMEN

Las Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) han cobrado relevancia debido a la demanda social enfocada en el buen trato hacia los animales y las condiciones en que los productos lácteos son manejados desde el campo hasta la mesa del consumidor.

El objetivo de las BPP es implementar acciones para prevenir enfermedades y establecer medidas de control aplicadas en la crianza de becerras con el propósito de criar animales sanos. Esto contribuye a reducir la incidencia de enfermedades, mejorar la productividad futura y asegurar que los sistemas de producción sean sustentables y competitivos.

En México, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) establece directrices oficiales para la implementación de las BPP en unidades de producción primaria. Aunque el cumplimiento de la normativa es obligatorio, la certificación en Buenas Prácticas Pecuarias representa un reconocimiento adicional que distingue a las granjas lecheras que adoptan estándares más altos, facilitando el posicionamiento y comercialización de sus productos.

Se analizan los aspectos que conforman las BPP en la crianza de becerras, considerando elementos fundamentales como la inocuidad, la bioseguridad, fundamentos zootécnicos (incluyendo nutrición, inmunidad, trazabilidad e identificación de los animales) y sustentabilidad. De manera particular, se profundiza en el Bienestar Animal como eje principal en la producción, considerando factores como el alojamiento, control de ruido y la prevención del estrés, ya que las condiciones de vida durante la etapa temprana de crianza influyen directamente en la salud, desarrollo y el futuro desempeño productivo, reforzando su papel como elemento integrador en la producción lechera.

Palabras clave: Buenas prácticas pecuarias, Becerras, Zootecnia, Inocuidad, Bienestar animal, Consumo humano, Medio ambiente

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los consumidores muestran una creciente preocupación por obtener alimentos cada vez más sanos y producidos bajo lineamientos que respeten el medio ambiente y el bienestar de los trabajadores. En este contexto surgen las Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) como un marco de referencia orientado a promover sistemas de producción sostenibles, rentables y socialmente responsables, con énfasis en la salud humana, animal y el medio ambiente. (SADER, 2016).

Las BPP buscan promover condiciones adecuadas para la calidad de vida de los animales, superando la simple reducción de experiencias negativas. Desde el punto de vista de la zootecnia, esto optimiza la productividad e inmunidad del hato, lo que vincula directamente el bienestar positivo con la inocuidad alimentaria y brindando certeza a los consumidores del origen de los productos (Stokes *et al.*, 2022).

A nivel granja, las BPP constituyen un componente esencial para asegurar la producción de alimentos inocuos y de calidad. Estas prácticas abarcan todas las medidas que se adoptan desde la cría y bienestar animal, hasta el sacrificio (Bhilegaonkar *et al.*, 2024). De acuerdo con Rodríguez F. & Figueroa (2012), algunos de los beneficios de la implementación de las BPP incluyen la consolidación de la imagen país-región de manera positiva respecto a la salud humana, el bienestar laboral, la minimización de riesgos ambientales y la trazabilidad del producto (para asegurar un sistema de rastreo desde la producción hasta el consumidor).

En este trabajo, se exploran y analizan los principales tópicos de las Buenas Prácticas Pecuarias, considerando el bienestar animal como base dentro de las Unidades de Producción Pecuaria (UPP) con énfasis en becerras lecheras. Al ser el reemplazo generacional de las vacas productoras de leche, se vuelve indispensable optimizar su crianza mediante estándares altos de salud y bienestar que garanticen su máximo potencial zootécnico (Santman-Berends *et al.*, 2019). Este análisis es de especial relevancia para la región de la Comarca Lagunera; consolidada como una de las cuencas lecheras más importantes de nuestro país.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las Buenas Prácticas Pecuarias han sido incorporadas por normativa en los sistemas de producción lechera; no obstante, su aplicación suele concentrarse en aspectos sanitarios y productivos, dejando en segundo plano el bienestar animal como componente integral del manejo. En la crianza de becerras, etapa clave para el reemplazo del hato, factores como el alojamiento, el manejo y el control del estrés influyen directamente en su desarrollo futuro. Ante ello, resulta pertinente analizar cómo las Buenas Prácticas Pecuarias pueden integrar de manera más clara el bienestar animal dentro del sistema de producción de bovino lechero.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar, desde un enfoque documental y descriptivo, las Buenas Prácticas Pecuarias en el sistema de producción lechero, considerando el bienestar animal como eje central, con énfasis en la crianza de becerras lecheras.

Objetivos específicos

- Describir los fundamentos del bienestar animal aplicables a la crianza de becerras en sistemas de producción de bovino lechero.
- Identificar los principales componentes de las Buenas Prácticas Pecuarias que influyen en el bienestar animal de las becerras lecheras, incluyendo el manejo, la nutrición, la sanidad, el alojamiento y la reducción del estrés.
- Analizar la relación entre la aplicación de las Buenas Prácticas Pecuarias, el bienestar animal de las becerras y la sostenibilidad de las unidades de producción lechera.
- Analizar la importancia del bienestar animal como elemento integrador dentro de las Buenas Prácticas Pecuarias en el contexto de la Comarca Lagunera.

METODOLOGIA

La presente monografía ha sido desarrollada bajo un enfoque documental del tipo descriptivo–analítico, con una orientación a integrar la evidencia científica, normativa y técnica relacionada con las Buenas Prácticas Pecuarias (BPP), el bienestar animal y su aplicación en sistemas de producción bovina lechera, con foco en la etapa de crianza de becerras.

La información fue recopilada mediante la revisión de artículos científicos indexados, documentos técnicos oficiales (SENASICA, SADER), Normas Oficiales Mexicanas aplicables y lineamientos internacionales sobre bienestar animal. Se emplearon palabras clave como: *Buenas Prácticas Pecuarias, bienestar animal, crianza de becerras, bioseguridad, Welfare Quality y Cinco Dominios.*

Las fuentes incluidas fueron seleccionadas al contar con respaldo científico o institucional, publicadas en su mayoría en los últimos 15 años y aplicables tanto al contexto mexicano como a sistemas comparables. Se excluyeron documentos que no contaban con sustento técnico verificable o los no relacionados con producción bovina.

Este trabajo no contempla la generación ni recopilación de datos primarios ni evaluación de campo, limitándose al análisis conceptual y técnico de la literatura disponible sobre el tema.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS Y ANTECEDENTES DEL GANADO BOVINO LECHERO

Desde una perspectiva taxonómica, los bovinos son mamíferos pertenecientes al orden *Artiodactyla* (ungulados de dedos pares), familia *Bovidae* y género *Bos*. Biológicamente se clasifican como rumiantes por poseer pezuñas y un sistema digestivo con un estómago complejo dividido en cuatro compartimentos funcionales (rumen, retículo, omaso y abomaso). Esta anatomía les permite regurgitar y procesar forrajes fibrosos que otras especies no pueden digerir, constituyendo la base de su eficiencia biológica (Delano *et al.*, 2002; Turk, 2007). Gracias a esta capacidad, el bovino puede transformar recursos vegetales no digeribles para el ser humano en productos de alto valor biológico, como la leche y la carne, aspecto que explica su importancia sistémica, ya que actualmente la leche de vaca representa la mayor parte de la producción láctea mundial (Buchanan, 2021; Lasley, 2011).

En el Cuadro 1, se presenta la jerarquía taxonómica correspondiente a la especie bovina.



Cuadro 1. Jerarquía científica de la especie bovina. Gráfico adaptado de Integrated Taxonomic Information System, 2025.

La domesticación del ganado bovino fue un proceso estratificado geográfica y temporalmente. Una de las evidencias arqueológicas más antiguas proviene de Çatal Hüyük, un asentamiento neolítico ubicado en Anatolia, al sudeste de la actual Turquía (Caramelli, 2006; Perkins, 1969).

Estudios genéticos posteriores indican que el ganado taurino (*Bos taurus*) tuvo su origen en el Creciente Fértil, mientras que el ganado cebú (*Bos indicus*), mejor adaptado a climas cálidos y tropicales, se desarrolló en el valle del Indo (Ajmone-Marsan *et al.*, 2010). Conforme las poblaciones humanas se desplazaron, el ganado las acompañó, facilitando la expansión de linajes taurinos, cebú y cruzados hacia Europa, África y Asia.

Con el expansionismo europeo, el ganado bovino fue introducido al continente americano durante el siglo XVI. En el caso de México, su llegada ocurrió durante la década de 1520. A partir de este momento, la ganadería bovina comenzó a consolidarse con una de las actividades productivas más relevantes para el territorio nacional (Guevara & Lira-Noriega, 2004).

Durante la época colonial, se establecieron esquemas productivos que impulsaron el crecimiento de la ganadería extensiva, orientada al abastecimiento interno. Posteriormente, durante el siglo XX, se desarrolló una mayor tecnificación del sector mediante la introducción de técnicas de selección genética y el uso de praderas inducidas (Ochoa-Blanco, 2005). Este proceso permitió diferenciar líneas productivas dentro del género *Bos*, buscando que el bovino lechero especializado alcanzara mayores niveles de rendimiento y eficiencia, lo que consolidó a la producción de leche como una actividad estratégica dentro del sector agropecuario mexicano (Buchanan, 2021; FAO, 2025).

En los sistemas lecheros, la permanencia del hato depende del reemplazo constante de vacas descartadas por causas como mastitis, fallas reproductivas, problemas locomotores o baja producción (Erickson & Kalscheur, 2020). Se estima que entre el 20% y el 30% de los animales en producción son eliminados anualmente (SIAP, 2017), lo que hace indispensable mantener un adecuado crecimiento interno mediante la crianza de becerras de reemplazo.

Esta etapa representa entre el 15% y el 20% de los costos totales por unidad de producción (Erickson & Kalscheur, 2020) y es considerada crítica debido a que el mayor índice de mortalidad ocurre durante los primeros meses de vida (SIAP, 2017). Por ello, la crianza de becerras constituye un punto estratégico para la estabilidad productiva del sistema lechero (Rocha-Valdez *et al.*, 2019).

2.2 BUENAS PRÁCTICAS PECUARIAS

Las Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) constituyen un sistema de gestión aplicado a la producción primaria pecuaria, orientado a estandarizar procedimientos técnicos que aseguren condiciones adecuadas de sanidad, manejo, higiene e inocuidad durante las distintas etapas productivas. Estas prácticas comprenden la implementación de controles preventivos, registros, protocolos sanitarios y lineamientos de manejo que permitan reducir riesgos biológicos, físicos y químicos en la cadena productiva (Medina-Guerra *et al.*, 2016; OCETIF, 2022).

En México, las BPP se encuentran enmarcadas dentro de los lineamientos establecidos por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y supervisadas por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). La obtención del Certificado de Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) avalado por el SENASICA es un trámite de carácter voluntario. Este proceso se inicia a petición del productor o empresa interesada con el fin de añadir valor a su producto, acceder a mejores mercados y garantizar la inocuidad alimentaria ante las demandas de los consumidores. Si bien el esquema de certificación no es obligatorio, su contenido técnico se fundamenta en disposiciones obligatorias establecidas en la Ley Federal de Sanidad Animal y en Normas Oficiales Mexicanas aplicables (NOM) (SADER, 2016; SENASICA, 2019).

Si bien originalmente las BPP se enfocaban principalmente en la inocuidad alimentaria y el control sanitario, su alcance se ha ampliado con el tiempo para incorporar criterios relacionados con la sostenibilidad ambiental, la seguridad laboral y el bienestar animal, integrando así una visión más amplia de la producción responsable (Medina-Guerra *et al.*, 2016; Zumbado Gutiérrez & Romero Zuñiga, 2016).

Las BPP pueden comprenderse como un sistema integrado estructurado en diversos pilares interrelacionados, entre los que destacan la sustentabilidad, la inocuidad alimentaria, la aplicación de fundamentos zootécnicos y el bienestar animal (Figura 1).



Figura 1. Factores que comprenden a las Buenas Prácticas Pecuarias: Zootecnia, Inocuidad/Bioseguridad, Bienestar Animal y Sustentabilidad (Fuente Propia, 2026).

Aunque las Buenas Prácticas Pecuarias se estructuran como pilares diferenciados, se considera que el bienestar animal actúa como un elemento transversal que influye directamente en los resultados sanitarios, productivos y ambientales de la unidad de producción. Un adecuado manejo zootécnico mejora las condiciones de bienestar animal; a su vez, animales con mejores indicadores de bienestar presentan una menor susceptibilidad a enfermedades y mayor eficiencia productiva, impactando positivamente la inocuidad y la sustentabilidad del conjunto productivo.

En el sistema bovino lechero, la aplicación de estas prácticas resulta especialmente importante debido a que la leche es un producto altamente perecedero y requiere condiciones sanitarias adecuadas desde la producción primaria (SENASICA, 2019).

En particular, durante la crianza de becerras, el manejo influye directamente en la salud futura del hato y en su desempeño productivo, ya que esta etapa representa

la base del reemplazo dentro de la unidad de producción (Erickson & Kalseheur, 2020; Rocha-Valdez *et al.*, 2019).

2.2.1 BIENESTAR ANIMAL

Los primeros intentos en definir el bienestar animal se referían a los individuos estando en armonía con la naturaleza, pero la primera definición que se pudo usar incorporó a los sentimientos y a la salud como parte de los intentos de lidiar con el ambiente. La mayoría de los artículos y definiciones de bienestar animal incluyen las necesidades del animal y algunos comportamientos innatos de estos mismos (Broom, 2011).

La definición de bienestar animal en el uso científico todavía se está desarrollando, es decir, todavía no hay una definición definitiva ni en específico. Gran parte del desacuerdo a la hora de definir ha surgido debido a que las partes interesadas se han enfocado en diferentes aspectos del bienestar animal (Keeling *et al.*, 2018).

A pesar de este desarrollo, no existe una definición única y universalmente aceptada. La aplicación práctica del concepto ha variado según los actores involucrados. Tradicionalmente, veterinarios y ganaderos han enfocado el bienestar en indicadores tangibles como enfermedades, lesiones, crecimiento y reproducción (Broom, 2011). Al respecto, Kikuchi *et al.*, (2016) indican que la profesión veterinaria tiene un privilegio debido a que ocupa una posición de enorme influencia social en temas relacionados al bienestar animal. Los veterinarios han entendido el bienestar principalmente dentro del alcance limitado de la salud y de la productividad.

- Bienestar como salud y funcionamiento biológico.

Desde esta perspectiva, Broom, (1986), definió el bienestar como el estado del individuo en relación con sus intentos de hacer frente a su entorno. Este enfoque resalta que el bienestar es una característica del individuo y no del grupo; un animal puede afrontar su entorno de manera adecuada, lo que indicaría bienestar, o puede fallar en su adaptación, lo que puede traer consecuencias biológicas como disminución en el crecimiento, en la capacidad reproductiva o mayor susceptibilidad a enfermedades.

Según la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), un animal está en buenas condiciones de bienestar si está sano, cómodo, bien alimentado, seguro, puede expresar formas innatas de comportamiento y no padece sensaciones desagradables de dolor, miedo o desasosiego. Las buenas condiciones de bienestar de los animales requieren que se prevengan sus enfermedades y se les administren tratamientos veterinarios apropiados; se les proteja, maneje y alimente correctamente, se les manipule y sacrifique de manera compasiva (OIE World Organisation for Animal Health, 2019).

En términos científicos, utilizan una amplia gama de sistemas biológicos, conductuales y fisiológicos, tanto para regular sus vidas como para hacer frente a las dificultades. Estos sistemas de control homeostático se activan una vez que surge un desplazamiento fisiológico y, por lo tanto, reaccionan a los estímulos ambientales y endógenos para corregir o prevenir los desplazamientos del rango óptimo. La adaptación inadecuada o difícil, genera problemas de bienestar animal (Hemsworth & Barnett, 2001). Bajo este enfoque, el bienestar se evalúa principalmente mediante indicadores de salud, productividad y ausencia de patología.

- Bienestar como expresión de comportamiento natural.

Otro enfoque sostiene que el bienestar implica la provisión de condiciones ambientales que permitan a los animales expresar sus comportamientos naturales (Koknaroglu & Akunal, 2013). Desde esta visión, no basta con que el animal esté libre de enfermedad; también debe contar con oportunidades para desarrollar conductas propias de su especie.

El interés social por este aspecto ha aumentado en las últimas décadas. La urbanización, los medios, la influencia de organizaciones civiles y el incremento del nivel económico y educativo en el público, son las razones por el incremento al interés del bienestar animal (Koknaroglu & Akunal, 2013). En especial, consumidores de productos orgánicos o diferenciados muestran preocupación por si los animales pueden vivir de manera relativamente natural y expresar su comportamiento normal (Keeling *et al.*, 2018).

➤ Bienestar como estados afectivos y balance temporal de experiencias.

En años más recientes, la ciencia del bienestar ha incorporado el estudio empírico y teórico de los estados afectivos, argumentando que la ausencia de enfermedad o sufrimiento físico no es suficiente y buscando la inclusión de experiencias agradables. Autores contemporáneos proponen definir el bienestar como el balance o acumulación de experiencias positivas y negativas a lo largo del tiempo (Reimert *et al.*, 2023). Desde esta perspectiva, el bienestar no depende de eventos aislados ni solo de la salud física, sino de la integración de la percepción del entorno y los estados emocionales durante la vida del animal (Keeling *et al.*, 2018; Reimert *et al.*, 2023).

Un enfoque más contemporáneo, incluye cuatro elementos centrales: el estudio empírico de los estados afectivos, la inclusión de experiencias positivas además de las negativas, y la consideración del tiempo como componente clave en la evaluación del bienestar (Reimert *et al.*, 2023). Así, el bienestar se concibe como un proceso dinámico que integra salud, emociones y adaptación a lo largo de la vida del animal.

➤ Contexto social y situación en México.

La importancia del bienestar animal difiere de un país a otro debido a las diferencias existentes en su religión, su desarrollo económico, su educación y su percepción (Kikuchi *et al.*, 2016). En México, Córdova-Izquierdo *et al.*, (2009) señalan que persisten percepciones erróneas sobre la capacidad de los animales para sufrir, experimentar dolor o sentir el estrés, lo que puede traducirse en prácticas inadecuadas, las cuales pueden desencadenar conductas negativas hacia ellos como la crueldad y la negligencia. A ello, se suma la falta de aplicación estricta de la legislación y de sanciones efectivas, lo cual dificulta la implementación sistemática de estándares de bienestar.

Läpple & Arpinon (2024), concluyen en su trabajo que un elemento esencial para garantizar un bienestar animal óptimo implica que los ganaderos tengan un conocimiento exhaustivo del tema y las implicaciones de sus decisiones de manejo.

Sin embargo, hay casos en los que los ganaderos evalúan incorrectamente el bienestar de sus animales o ignoran la información disponible (Hyland, 2012).

➤ Implicaciones para sistemas bovinos lecheros.

Los distintos enfoques científicos han generado criterios diversos para medir y evaluar el bienestar. Algunos se centran en salud y funcionamiento biológico; otros en comportamiento natural; y otros en estados afectivos (Fraser, 2008). Cada uno, aporta elementos útiles para identificar y corregir problemas dentro de los sistemas productivos.

En los sistemas bovinos lecheros, y particularmente en la etapa de crianza de becerros, estos enfoques adquieren una relevancia práctica, ya que el bienestar no sólo impacta en la salud inmediata del animal, sino en su desempeño productivo futuro y en la sostenibilidad del sistema. Por ello, dentro del marco de las Buenas Prácticas Pecuarias, el bienestar animal no debe entenderse únicamente como ausencia de enfermedad, sino como un eje que integra salud, manejo, comportamiento y prevención del estrés.

➤ Bienestar animal dentro del marco de las Buenas Prácticas Pecuarias.

Las discusiones teóricas sobre el bienestar animal a través de los años son amplias, pero en los sistemas productivos se pueden aterrizar a través de las Buenas Prácticas Pecuarias. Si bien en principio estas prácticas buscan prevenir enfermedades y garantizar un producto inocuo, también buscan ayudar a establecer entornos donde los animales puedan desarrollarse de manera adecuada.

En la industria del ganado bovino lechero, el bienestar constituye una parte fundamental del proceso para poder mantener el rendimiento esperado. Un animal que está constantemente estresado, con deficiencias en su manejo o en un entorno desfavorable, tendrá más complicaciones de salud y por ende, una baja productividad. Por este motivo, cada dimensión del bienestar, desde la salud, el comportamiento o los estados afectivos, convergen en la práctica diaria dentro de las BPP.

Si se considera particularmente la crianza de becerros, este tema cobra una mayor relevancia al tratarse de una etapa sensible de desarrollo, donde juegan un papel

importante los factores de alojamiento, control de ruido y estrés en la salud futura del animal. En muchos casos, estos aspectos son considerados irrelevantes o secundarios frente a la productividad inmediata, perdiendo de vista que el impacto a largo plazo puede ser significativo.

Por lo tanto, en las Unidades de Producción Pecuaria, el bienestar animal no debe entenderse como un complemento opcional, si no como una parte esencial del manejo integral. Incorporarlo en la vida temprana contribuye a mejorar las condiciones físicas del animal y a fortalecer la sostenibilidad del sistema productivo.

Para sintetizar los principales enfoques del bienestar animal y su relación con las Buenas Prácticas Pecuarias, se presenta la Figura 2. En ella se integran los componentes teóricos del bienestar con su aplicación en la crianza de becerras lecheras.

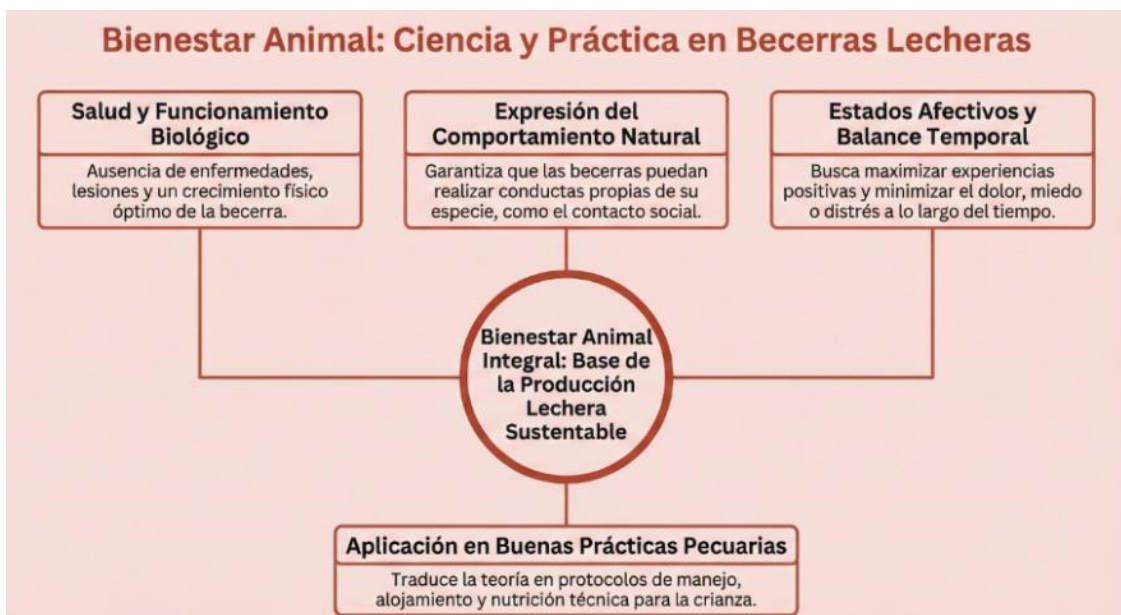


Figura 2. Integración de los enfoques del bienestar animal dentro de las Buenas Prácticas Pecuarias en la crianza de becerras lecheras (Fuente Propia, 2026).

ALOJAMIENTO

Durante las primeras etapas de vida de las becerras, el alojamiento es uno de los factores más determinantes en su bienestar. Las condiciones físicas del lugar donde nacen y se desarrollan, tienen una repercusión directa sobre su salud, confort y desarrollo conductual. Por lo que, dentro de las Buenas Prácticas Pecuarias, se

establecen algunos lineamientos específicos desde el momento del parto y durante la etapa de crianza.

El entorno del parto debe estar limpio y, siempre que sea posible, supervisarse. Se recomienda intervenir si la becerro no nace en un máximo de dos horas tras la aparición del amnios (bolsa de agua) o de las pezuñas. La ubre de la vaca y el entorno inmediato son las dos principales fuentes de infección para la becerro recién nacida. Para reducir la probabilidad de contagio de patógenos intestinales, se considera recomendable retirar a la becerro del corral de partos lo antes posible después del nacimiento, a más tardar antes de que intente ponerse de pie (Hyland, 2012).

Durante la etapa de crianza, se recomienda que las becerros sean alojadas de tal manera que puedan pararse, acostarse, darse vuelta y descansar de manera cómoda. Se estima que destinan el 80% de su tiempo echadas, por lo que la superficie de descanso es de vital importancia. Adicionalmente, en caso de ser alojadas individualmente es recomendable que tengan contacto visual con otras becerros puesto que son animales sociales (Rebecca Doyle & John Moran, 2015; Swan, 2024).

De acuerdo con la Unión Ganadera Regional de Jalisco, (2025), se deben tomar en consideración ciertos criterios en las dimensiones, materiales y ventilación requeridos en los corrales. En lo referente a las medidas, la recomendación para los corrales individuales en que son alojadas las becerros desde su nacimiento hasta los 3 meses de edad, desde 1.1 m² (al nacimiento) hasta 2.5 m² (al llegar a los 3 meses) con una pendiente hacia afuera de los mismos de 5 cm/m para que se permita el drenaje, así como un techo parcial en caso de ubicarse a la intemperie para protegerlas del sol y del frío. En relación, a las becerros alojadas en pareja, Mandel *et al.*, (2016) proponen espacios de 2.43 m² por becerro (1.35 m × 1.8 m por becerro) dando un resultado de 4.86 m² de superficie por pareja alojada en un corral doble.

En cuanto a los materiales más comunes empleados en la cama dentro del alojamiento son aserrín, arena, camas de hule, paja y papel. En la actualidad se

pueden encontrar corrales hechos de metal forrados de plástico ahuecados para que toda la materia orgánica caiga al suelo sobre la canaleta en la que están contruidos los corrales. Estos materiales y tipos de cama facilitan la limpieza, proveen una superficie suave de descanso y un ambiente seco (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2025).

La ventilación es otro aspecto relevante por considerar en las instalaciones de crianza. Las becerras recién nacidas y menores de 3 meses de edad son más susceptibles a las corrientes de aire, las cuales hacen que pierdan calor corporal. La velocidad del aire debe ser menor a 0.25 m/seg para permitir un ambiente cómodo y no sobre ventilado para los animales alojados (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2025).

El método tradicional de crianza de becerras involucra alojamiento en corrales individuales lo cual facilita monitorearlas, observarlas y manejarlas a la vez que se previenen enfermedades como la diarrea y la neumonía al evitar tener contacto con otras y estas enfermedades se propaguen rápidamente (McFarland *et al.*, 2024).

Sin embargo, investigaciones recientes han mostrado que el alojamiento en parejas o grupos pequeños favorece un entorno donde las becerras juegan entre ellas, lo que les permite desarrollar comportamientos sociales normales y habilidades cognitivas; ayudando así a desarrollar mejor adaptabilidad a cambios en su entorno, así como la tendencia a incrementar la ingesta de alimento sólido antes del destete promoviendo así la eficiencia de ganancia de peso antes y después del destete, lo que incide en mejores indicadores de bienestar (Koralesky *et al.*, 2025; McFarland *et al.*, 2024; Rebecca Doyle & John Moran, 2015; Welk *et al.*, 2022).

Así mismo, McFarland *et al.*, (2024) indican que las becerras alojadas individualmente son más miedosas en comparación a aquellas que están alojadas en vivienda social, y que las becerras alojadas en grupos pequeños o en parejas muestran menos vocalización al destete en comparación a aquellas alojadas individualmente. Se concluye de igual forma, que al alojar a las becerras en parejas se mejoran los indicadores de bienestar conductual (alimentación más rápida y

mayor comportamiento exploratorio) sin comprometer el crecimiento, la salud y mortalidad a nivel del corral.

RUIDO

Después del sentido de la vista, el sentido del oído es uno de los más importantes en el ganado bovino. Ambos sentidos interactúan entre sí, lo cual puede observarse, por ejemplo, en la posición de las orejas, que suele indicar la dirección de atención del animal (Angrecka *et al.*, 2023). La sensibilidad auditiva convierte al ruido en un factor ambiental relevante al evaluar el bienestar animal.

El ruido es definido como un sonido indeseable, ya sea crónico o periódico, y puede describirse en términos de la intensidad (dB), que depende de la fuente que genera el sonido y la distancia; la frecuencia, que se relaciona con el número de vibraciones en el aire por segundo (Hz) y determina el tono del sonido. (Angrecka *et al.*, 2023; Dimov *et al.*, 2023).

En las Unidades de Producción Lechera, las fuentes de ruido pueden ser diversas, desde dispositivos técnicos y mecánicos como los removedores de heces y los vagones mezcladores de alimento; sistemas hidráulicos, maquinaria, hasta las actividades rutinarias como abrir y cerrar puertas, reparación de corrales, pláticas, chillidos y gritos entre trabajadores, ventiladores, vocalizaciones de los animales, etc. (Angrecka *et al.*, 2023; Dimov *et al.*, 2023).

Las vocalizaciones de los animales de granja constituyen una excelente fuente de conocimiento sobre sus emociones, tanto positivas como negativas. Las emociones que experimentan los animales provocan cambios en el sistema nervioso autónomo y somático, lo que puede reflejarse en alteración en la respiración, babeo y tensión muscular (Olcazk *et al.*, 2023).

Los sonidos asociados a las emociones positivas tienden a tener una frecuencia menor y los que tienen frecuencia mayor, usualmente se relacionan a situaciones negativas; por ejemplo, dos sonidos diferentes producidos por las fosas nasales son soplido y el resoplido. Los soplidos son sonidos pulsátiles usualmente presentes en

situaciones positivas, mientras que los resoplidos son sonidos no pulsátiles e intensos, producidos en situaciones de estrés (Olcazk *et al.*, 2023).

Por ejemplo, en el caso de la separación de la madre con la becerro, la madre emite sonidos de alta frecuencia, así lo es cuando un animal es separado del resto del rebaño o cuando los animales sufren hambre, estrés y procedimientos rutinarios que generen dolor, mientras que, cuando un animal está recostado en el suelo descansando o socializando con los demás animales en su corral, es menos probable que emita este tipo de sonidos (Angrecka *et al.*, 2023).

La exposición prolongada a niveles elevados de ruido puede representar un factor de estrés crónico. Se ha documentado que es capaz de provocar alteraciones en los parámetros fisiológicos del animal, como lo son la aceleración de la frecuencia cardiaca, la elevación de los niveles del cortisol y desórdenes de la actividad secretora de la corteza suprarrenal y cambios adversos en el metabolismo de los ácidos grasos polinsaturados; provocando así, inmunidad debilitada, cambios patológicos y consecuentemente, reduciendo la productividad (Ganancia Diaria de Peso) (Angrecka *et al.*, 2023; Olcazk *et al.*, 2023).

A nivel neurológico, el ruido puede influir en la activación conductual, en el sueño y la percepción del dolor, esto es debido a la relación que hay entre las vías auditivas y la formación reticular en el encéfalo, afectando sistemas como el cardiovascular, gastrointestinal, endocrino e inmunitario (Olcazk *et al.*, 2023).

En las granjas comerciales modernas, se han incrementado los niveles de ruido principalmente debido al uso de mayor equipo tecnológico, lo que puede desencadenar una afectación en la productividad y comportamiento de las becerros debido al impacto negativo en su bienestar (Dimov *et al.*, 2023). En términos generales, se consideran niveles de hasta 70 decibeles como aceptables, mientras que en niveles ubicados en el rango entre 90 y 100 decibeles los bovinos ya experimentan incomodidad y las exposiciones cercanas a los 110 decibeles pueden causar un daño auditivo (Dimov *et al.*, 2023; Brouček, 2014).

El impacto adverso del ruido es reconocido en disposiciones legales que regulan la ganadería como el Consejo Directivo 2008/120/EC. Mientras que la eliminación

completa de ruido pudiera no ser factible, especialmente en granjas a larga escala, los esfuerzos deben realizarse para minimizarlo y, cuando sea posible, eliminar el ruido debido a nuestra concientización de sus efectos detrimentales en los animales y en los trabajadores (Olcazk *et al.*, 2023).

En este sentido, el control del ruido forma parte de las condiciones ambientales que deben tomarse en consideración dentro del manejo integral de las becerras lecheras. Al mantener los estímulos auditivos en niveles aceptables, se favorece un entorno más estable, lo que contribuye a disminuir las respuestas a el estrés y a mejorar el bienestar general del animal.

ESTRÉS

El estrés se ha definido según Selye como “la exposición a factores ambientales nocivos que provoca una reacción no específica” (Jurkovich *et al.*, 2024). En el caso del ganado bovino, el estrés ambiental puede ser causado por cambios drásticos en las condiciones físicas del ambiente en el que viven los animales (Angrecka *et al.*, 2023).

Este estado depende de las propiedades biológicas de las especies, características individuales, el tipo, la duración y la intensidad del factor causante de estrés. La estrategia de adaptación de los animales a los cambios ambientales que ocurren en el sistema de producción promueve cambios productivos y fisiológicos, pero también reacciones de comportamiento, que, en conjunto, constituyen una reacción defensiva del organismo (Angrecka *et al.*, 2023).

El comportamiento del ganado está determinado por el instinto, la percepción sensorial y la experiencia. Los animales reaccionan tanto a estímulos innatos como a situaciones aprendidas dentro del sistema de producción. Los comportamientos sensoriales son aquellos que son el resultado de algo que fue visto, oído, olido, sentido en el entorno (Rebecca Doyle & John Moran, 2015). Las experiencias positivas y de bajo estrés son muy importantes para todos los animales, sobre todo, para las becerras. Animales con miedo y/o temor experimentan cambios fisiológicos y de comportamiento (Bentley *et al.*, 2017).

La becerro lechera promedio enfrenta muchos estresores potenciales en la etapa del pre-destete incluyendo el nacimiento, el transporte, el descorne, la separación madre-cría y una mezcla de todos los anteriores (Hulbert & Moisés, 2016).

Uno de los factores ambientales más relevantes es la temperatura. El calor y el frío fuera de la zona termoneutral requiere que las becerros reciban leche o sustitutos de leche adicional. La zona termoneutral comprende desde los 6 °C hasta a los 20°C (Bentley, Robinson, *et al.*, 2017; Sarubbi *et al.*, 2018). El estrés calórico ocurre cuando la temperatura corporal del ganado incrementa y no pueden disipar el calor corporal adecuadamente para mantener el equilibrio térmico, especialmente cuando existe alta humedad, baja ventilación y/o exposición directa al sol. (Wang *et al.*, 2020).

El estrés calórico ejerce un efecto negativo en la ingesta de materia seca (DMI) y en el rendimiento del crecimiento de becerros debido a la fragmentación de energía metabólica. También reduce la motilidad gastrointestinal, altera el microbiota ruminal, enlentece la digestión y perjudica la absorción de nutrientes debido al flujo sanguíneo disminuido (Neves *et al.*, 2025; Wang *et al.*, 2020).

Aquellas becerros nacidas durante el verano mostraron una tendencia de tener menor ganancia diaria de peso que aquellas nacidas en invierno. Debido a que las becerros consumen un gran volumen de leche y un iniciador *ad libitum* de manera diaria, el efecto principal del estrés calórico en la ingesta de materia seca, pudiera residir en el iniciador (Wang *et al.*, 2020)

Ante esta situación, uno de los mecanismos clave que ocurre, es el incremento de la frecuencia respiratoria, facilitando la pérdida de calor a través de la evaporación, con frecuencias elevándose a más del 50% en movimientos respiratorios por minuto. Esta aceleración en el intercambio de gases deriva a una pérdida de dióxido de carbono incrementada, alterando el balance del pH en la sangre causando alcalosis. Adicionalmente, la frecuencia cardíaca y la presión arterial aumentan como forma de compensación, debido a la vasodilatación periférica, incrementando la circulación sanguínea para trasladar el calor desde los órganos internos a la superficie corporal para su disipación (Neves *et al.*, 2025).

Las becerras son consideradas ser más tolerantes al calor que el ganado adulto debido a que su superficie corporal es relativamente mayor en comparación con su masa interna, lo cual facilita el intercambio de calor con el ambiente (Neves *et al.*, 2025).

Para mitigar los efectos del estrés calórico, es necesaria la provisión de sombra y de un sistema de ventilación/enfriamiento, regular la temperatura del agua a que sea más fresca y ajustar los tiempos de provisión del alimento durante el día (Islam *et al.*, 2021).

Además del estrés térmico, el estrés oxidativo representa otro mecanismo relevante. Este ocurre cuando existe un desequilibrio entre la producción de radicales libres y la capacidad antioxidante del organismo, también llamado como desequilibrio redox. En otras palabras, en un sistema biológico aeróbico, los mecanismos de defensa antioxidante están diseñados para contrarrestar los radicales libres y las especies activas de oxígeno para neutralizar o minimizar los efectos nocivos de estos agentes invasores (Majlesi *et al.*, 2021). Factores como la radiación solar, toxinas fúngicas o pesticidas pueden favorecer este desequilibrio (Miller & Brzezinska-Slebodzinska, 1993).

En la condición de estrés oxidativo cuando se acumulan pro oxidantes de manera excesiva como el oxígeno y el nitrógeno reactivo, muchas macromoléculas son dañadas incluyendo lípidos y proteínas, lo que favorece el proceso de peroxidación lipídica, la oxidación del ADN, la ruptura de membranas celulares y la inactivación enzimática. También provoca el defecto de procesos metabólicos y fisiológicos en animales (Cuervo *et al.*, 2021; Majlesi *et al.*, 2021). El resultado de este conjunto de factores es la deficiencia inmunitaria y esto, indirectamente, afecta el crecimiento y desarrollo de la becerras (Mattioli *et al.*, 2020).

Algunos componentes del sistema de defensa, como el superóxido dismutasa, peróxido glutatión, cisteína, inositol, catalasa, vitamina E, vitamina C y beta-caroteno y algunos minerales, deben de proveerse por medio de la dieta para contrarrestar el estrés oxidativo (Cuervo *et al.*, 2021; Fu *et al.*, 2024).

En este contexto, el control de los factores estresantes dentro de las Unidades de Producción Pecuaria forma parte de las acciones preventivas contempladas en las Buenas Prácticas Pecuarias. La reducción del estrés favorece el bienestar inmediato de las becerras, e impacta directamente en su desempeño productivo futuro.

“El estrés disminuye el consumo de alimento, la energía resultante y las deficiencias vitamínicas y minerales, afectará el crecimiento y el desarrollo en animales jóvenes” (Delano et al., 2002).

MODELOS DE BIENESTAR ANIMAL

El reconocimiento del bienestar animal es multifacético y vincula a la salud animal, el estado afectivo (sentimientos) y la capacidad de expresar comportamientos naturales (Carenzi & Verga, 2009). Esto ha conducido a definiciones que enlistan las condiciones bajo las cuales el bienestar animal se considera adecuado o deficiente (Keeling *et al.*, 2018).

El bienestar animal como una disciplina formal comenzó con la publicación del reporte de Brambell enfocado en el bienestar de animales de granja, emitido por el gobierno británico en el año de 1965, a raíz del libro “Animal Machines” de Ruth Harrison en el año de 1964, el cual describió como se criaban los animales para producción alimentaria y generó preocupación pública (Carenzi & Verga, 2009; The Jeanne Marchig International Centre for Animal Welfare Education, 2023).

Los principios para evaluar el bienestar animal se dividen convencionalmente en criterios basados en los insumos, que describen el entorno del animal o las prácticas de manejo utilizadas, y criterios basados en los resultados o en el animal, que describen el estado real del animal (Vasseur *et al.*, 2012).

➤ MODELO: CINCO LIBERTADES

El modelo de las Cinco Libertades se originó a partir del informe del Comité Brambell (Brambell, 1965) elaborado tras la preocupación pública generada por los sistemas intensivos de producción descritos por Harrison *et al.* (1964) en su libro Animal

Machines. En dicho informe se propusieron libertades básicas destinadas a evitar condiciones que comprometieran el bienestar de los animales de granja. Posteriormente, el Farm Animal Welfare Council (FAWC, 2009) consolidó y difundió este planteamiento en el marco conceptual internacionalmente reconocido como las Cinco Libertades.

Las Cinco Libertades se formulan de la siguiente manera (FAWC, 2009):

1. Libertad de hambre, sed y malnutrición: Mediante un fácil acceso a agua fresca y a una dieta para mantener el vigor y la salud totales.
2. Libertad de incomodidades físicas y térmicas: Mediante la provisión del ambiente adecuado incluyendo alojamiento y un área de descanso cómoda.
3. Libertad de dolor, enfermedad y lesiones: Mediante la prevención o el diagnóstico rápido y tratamiento temprano.
4. Libertad de miedo y angustia: Garantizando condiciones y tratamientos que evadan el sufrimiento mental.
5. Libertad de expresar su comportamiento natural: Mediante la provisión del espacio suficiente, instalaciones adecuadas y la compañía de animales de su propia especie.

Estas libertades, representadas en la Figura 3, han orientado el desarrollo de estándares internacionales basados en evidencia científica para la evaluación del bienestar animal. Constituyen, además, el marco de referencia más ampliamente reconocido por profesionales veterinarios y personal vinculado al manejo directo de animales.

(The Jeanne Marchig International Centre for Animal Welfare Education, 2023).



Figura 3. Las 5 Libertades del bienestar animal de Farm Animal Welfare Council. Adaptado de FAWC, 2009.

En la crianza de becerras lecheras, las Cinco Libertades trascienden su carácter normativo y se traducen en criterios operativos que orientan la evaluación de las condiciones de alojamiento, el manejo sanitario, la prevención del estrés y la promoción de comportamientos propios de la especie. De esta manera, se integran como un referente fundamental dentro del esquema de Buenas Prácticas Pecuarias, al establecer las bases mínimas para garantizar condiciones compatibles con el bienestar animal.

➤ **MODELO WELFARE QUALITY®**

El protocolo Welfare Quality®, financiado por la Unión Europea, fue desarrollado con el propósito de integrar el bienestar animal mediante el uso de herramientas científicas estandarizadas que permitan evaluar de manera objetiva las condiciones de producción en granjas y en la cadena alimentaria (Welfare Quality®, 2009). Su enfoque prioriza diversos indicadores basados directamente en el animal, permitiendo valorar no únicamente las instalaciones o el manejo, sino los efectos reales que estos tienen sobre su estado físico y conductual.

Además de servir como una herramienta técnica, el protocolo busca fortalecer políticas de producción sustentable y ofrecer información al consumidor, al tiempo

que proporciona retroalimentación práctica a productores y responsables de las unidades pecuarias (Silva Salas *et al.*, 2017).

El modelo se estructura en cuatro principios fundamentales: alimentación, alojamiento, salud y comportamiento. Cada uno de estos principios se desglosa en doce criterios específicos que permiten evaluar de manera integral el bienestar animal (Welfare Quality®, 2009).

El principio de alimentación adecuada incluye dos criterios:

1. Ausencia de hambre prolongada, lo que implica proporcionar una dieta suficiente y adecuada a las necesidades fisiológicas del animal.
2. Ausencia de sed prolongada, garantizando acceso permanente a agua limpia y en cantidad suficiente.

El principio de alojamiento adecuado contempla tres criterios:

3. Confort durante el descanso, asegurando superficies adecuadas y condiciones que permitan al animal recostarse sin dificultad.
4. Confort térmico, evitando la exposición prolongada a frío o calor extremos.
5. Facilidad de movimiento, garantizando espacio suficiente para desplazarse y adoptar posturas naturales.

El principio de salud adecuada incluye:

6. Ausencia de lesiones, como heridas cutáneas o problemas locomotores.
7. Ausencia de enfermedad, mediante prácticas adecuadas de higiene, prevención y atención veterinaria.
8. Ausencia de dolor provocado por manejo, evitando prácticas inapropiadas o procedimientos como el descorne o la castración sin medidas de mitigación adecuadas.

Finalmente, el principio de comportamiento adecuado integra cuatro criterios:

9. Expresión de comportamiento social adecuado y no perjudicial.

10. Expresión de otras conductas propias de la especie.
11. Relación humano-animal, un manejo armonioso que evite respuestas de miedo excesivo.
12. Estado emocional positivo, minimizando emociones negativas como miedo o frustración y promoviendo condiciones que favorezcan la seguridad y bienestar.

El protocolo Welfare Quality® no se limita a enunciar principios generales, sino que los utiliza como base a través de preguntas centrales que orientan la evaluación en campo: ¿a los animales se les proporciona agua y alimento de forma adecuada?, ¿cuentan con una vivienda digna?, ¿se encuentran sanos?, ¿su comportamiento refleja un estado emocional óptimo? Estas preguntas funcionan como ejes conceptuales que permiten traducir el bienestar en criterios medibles y comparables entre las explotaciones (Welfare Quality®, 2009).

Esta estructura facilita comprender cómo los distintos componentes del sistema productivo influyen en el estado del animal y cómo se integran para generar una calificación final del bienestar, como puede verse en el Cuadro 2.

Principios, Criterios y Medidas en Becerras Lecheras basado en el protocolo Welfare Quality ®

PRINCIPIOS	CRITERIOS	MEDIDAS
Alimentación	1. Ausencia de hambre prolongada	% de becerras flacos.
	2. Ausencia de sed prolongada	Provisión de agua, tiempo de provisión de agua y limpieza del agua.
Alojamiento	3. Confort durante el descanso	Becerras con bursitis, limpieza de las becerras.
	4. Confort térmico	Becerras mojadas.
	5. Facilidad de movimiento	Calidad del suelo: Peligroso, muy resbaloso, resbaloso, medianamente resbaloso y nada resbaloso.
Estado de salud	6. Ausencia de lesiones	Laminitis, cola/orejas mordidas con heridas abiertas o ya cicatrizadas.
	7. Ausencia de enfermedades	% de becerras con: Tos, respiración anormal, descarga nasal, diarrea, rumen abultado, pelaje hirsuto, mortalidad, becerras obviamente enfermas, letargia.
	8. Ausencia del dolor causado por el manejo	Caudectomía y descorne.
Comportamiento	9. Expresión de comportamiento social adecuado	Acicalamiento social (allogrooming).
	10. Expresión adecuada de otras conductas	Beben su propia orina, comportamientos orales anormales como el uso de la lengua en exceso y succionar, lamer y morder objetos que la rodean, así como partes del corral y el suelo.
	11. Relación humano-animal positiva	Las becerras se pretenden tocar durante la prueba de aproximación, se practica un examen visual, observar expresión de miedo, huida, frustración o aceptación.
	12. Estado emocional positivo	Evaluación cualitativa del comportamiento (Qualitative Behaviour Assessment, QBA), considerando expresiones corporales, posturas, interacción social y respuesta al entorno.

Cuadro 2. Principios, criterios y medidas del protocolo de bienestar Welfare Quality. Adaptado de Welfare Quality®, 2009.

Cada uno de los doce criterios se evalúa mediante indicadores específicos basados principalmente en el propio animal, tales como condición corporal, presencia de lesiones, signos clínicos de enfermedad, respuesta ante el humano, la expresión de conductas sociales o comportamientos anormales. Estos indicadores pueden ser cuantitativos (por ejemplo, porcentaje de animales con cojera o bajo peso) o cualitativos, como la evaluación del comportamiento mediante el Qualitative Behaviour Assessment (QBA) (Cooper & Wemesfelder, 2020). La combinación de estas medidas permite la obtención de una valoración integral que refleja tanto el estado físico como el estado conductual y emocional del animal.

Las medidas registradas se transforman en puntuaciones en una escala de 0 a 100, donde 0 representa la peor condición observada y 100 la situación óptima alcanzable en términos de bienestar. Posteriormente, las puntuaciones de los criterios se agregan para generar valores por principio y, finalmente, una clasificación global de la explotación en cuatro categorías: excelente, buena, aceptable o no clasificada (Botreau *et al.*, 2009). Este sistema permite no solo la comparación entre unidades productivas, sino también la identificación de áreas específicas de mejora.

Investigaciones recientes en México han validado la aplicación de esta misma escala de 0 a 100 y de sus cuatro categorías descriptivas en la evaluación empírica de los hatos nacionales, demostrando la viabilidad de este protocolo fuera del contexto europeo original, aunque se resalta la importancia de realizar ajustes metodológicos según las condiciones productivas locales (Silva Salas *et al.*, 2017).

En conjunto, el protocolo Welfare Quality® ha representado un avance significativo en la evaluación práctica del bienestar animal al permitir priorizar indicadores que son directamente observables en los animales. Sin embargo, su aplicación requiere un análisis de la contextualización geográfica y adaptación a las realidades específicas de cada sistema de producción. Esta necesidad de integración entre la realización de una evaluación objetiva y la comprensión del estado mental del animal abre paso a enfoques más amplios, como el modelo de los Cinco Dominios,

que incorporan explícitamente la dimensión afectiva como resultado central del bienestar.

➤ **MODELO CINCO DOMINIOS**

El modelo de los Cinco Dominios, desarrollado inicialmente por Mellor & Reid (1994) y actualizado posteriormente (Mellor, 2017; Mellor *et al.*, 2020), constituye un marco integral para la evaluación del bienestar animal. Este modelo permite realizar una valoración sistemática, estructurada y cualitativa de los riesgos, el grado de compromiso y las oportunidades de mejora en el bienestar animal, integrando diversos indicadores físicos, conductuales y afectivos.

La evolución de este modelo se relaciona con los cambios en la manera en que se entiende el bienestar de los animales. Fraser (2008) señala que el bienestar se puede analizar desde tres enfoques principales: el funcionamiento biológico, el estado afectivo y la expresión propia del comportamiento natural. El modelo de los Cinco Dominios integra estas dimensiones al considerar que las condiciones físicas y de manejo influyen de manera directa en la experiencia del animal.

Desde esta perspectiva, el bienestar se fundamenta principalmente en el estado afectivo del animal. Este enfoque se relaciona con la concepción del hedonismo, cuyo planteamiento es que la calidad de vida depende del balance entre experiencias positivas y negativas (Hampton *et al.*, 2023). En esta línea, Mellor *et al.*, (2020) señalan que el objetivo no es únicamente la reducción de las experiencias adversas, sino también la promoción activa de las experiencias positivas. La capacidad de experimentar emociones favorables constituye un componente esencial del bienestar, con influencia en los procesos conductuales y fisiológicos de los animales (Boissy *et al.*, 2007).

El modelo no pretende describir con exactitud las funciones biológicas específicas, sino ofrecer una herramienta práctica para evaluar el bienestar a partir de indicadores observables. De esta manera, el bienestar se entiende como un proceso dinámico que resulta de la interacción constante entre el animal y su entorno. Este modelo se organiza en cinco dominios: nutrición, entorno físico, salud, interacciones

conductuales y estado mental (Mellor, 2017). Los tres primeros dominios evalúan los estados físicos y funcionales del animal, mientras que el cuarto dominio analiza las interacciones conductuales y las circunstancias ambientales y sociales externas. En la revisión de 2020, este dominio fue ampliado para incluir explícitamente la interacción con el entorno físico, con otros animales y con el ser humano, reconociendo la importancia de la relación humano-animal en la experiencia afectiva (Mellor *et al.*, 2020).

Las consecuencias derivadas directamente de los dominios 1 al 4 se integran en el dominio 5, correspondiente al estado mental o afectivo, que representa el resultado acumulado de experiencias negativas y positivas (Mellor *et al.*, 2020). Esta estructura se ve reflejada en el reconocimiento científico de los animales como seres sintientes, cuya calidad de vida depende de mantener un equilibrio entre experiencias adversas y favorables (Fraser, 2008).

Para evaluar el grado de compromiso del bienestar, el modelo emplea una escala cualitativa de cinco niveles (A–E), que clasifica la severidad de los afectos negativos según su intensidad, duración y posibilidad de reversión. En esta escala, el nivel A representa la ausencia de afectación, mientras que el nivel E corresponde a experiencias negativas de intensidad extrema, quedando los niveles intermedios como distintos grados de compromiso del bienestar. Paralelamente, la mejora del bienestar se valora mediante una escala de cuatro niveles (0 a +++), que considera la disponibilidad de oportunidades para que el animal realice conductas gratificantes, el uso real que hacen de esas oportunidades y la formulación de juicios sobre los grados de “compromiso afectivo positivo” (Mellor, 2017).

En los sistemas de producción lechera, el modelo permite analizar cómo la nutrición, el alojamiento, el manejo sanitario y la interacción humano-animal influyen en la experiencia afectiva y en el desarrollo conductual y fisiológico de las becerras. Así, la evaluación del bienestar supera los indicadores productivos y sanitarios, adoptando una perspectiva integral acorde con el enfoque contemporáneo (Lawrence *et al.*, 2019).

La Figura 4, muestra una adaptación del modelo de los Cinco Dominios aplicada a becerras lecheras. Este esquema permite comprender el bienestar como un proceso dinámico influido por las condiciones productivas.



Figura 4. Adaptación conceptual del modelo de los Cinco Dominios para la evaluación del bienestar en becerras lecheras. Elaboración propia con base en Mellor (2017) y Mellor et al. (2020).

En la crianza de becerras lecheras, los tres modelos analizados aportan enfoques complementarios para comprender y evaluar el bienestar animal. Las Cinco Libertades establecen las bases éticas y los estándares mínimos que deben garantizarse durante las primeras etapas de vida; el protocolo Welfare Quality® traduce estos principios en criterios medibles y sistemas de puntuación comparables que permiten identificar áreas específicas de mejora; y el modelo de los Cinco Dominios amplía esta interpretación al incorporar explícitamente la dimensión afectiva como resultado central del bienestar. En conjunto, estos modelos permiten analizar cómo las prácticas de manejo, alojamiento y sanidad no solo puede prevenir el sufrimiento, sino que influyen de forma directa en la experiencia física y emocional de las becerras dentro del sistema productivo.

2.2.2 ZOOTECNIA

La zootecnia es la disciplina orientada al estudio y optimización de los sistemas de producción animal, integrando principios biológicos, tecnológicos y socioeconómicos para lograr una producción eficiente, sostenible y éticamente responsable (Delgado-Callisaya *et al.*, 2014). Esta área aplica conocimientos de genética, nutrición, fisiología, reproducción, microbiología y sanidad animal para resolver problemáticas asociadas al manejo y desempeño del ganado (American Society of Animal Science, 2025; Botello-León *et al.*, 2016).

Dentro de las Buenas Prácticas Pecuarias, la zootecnia funciona como el pilar técnico que orienta las decisiones relacionadas con la alimentación, el crecimiento, la salud y la reproducción del ganado (American Society of Animal Science, 2025; Botello-León *et al.*, 2016). En el caso de las becerras lecheras, estos factores influyen directamente en su desarrollo y en su desempeño productivo futuro, particularmente en la edad al primer parto y la producción de leche en la etapa adulta (Lawrence *et al.*, 2019). Es por ello, que un manejo adecuado resulta fundamental para la eficiencia y sostenibilidad del sistema lechero.

La zootecnia, dentro del esquema de Buenas Prácticas Pecuarias, puede entenderse como la integración de componentes técnicos que interactúan para sostener el desarrollo productivo del animal. Entre ellos destacan la nutrición, la sanidad e inmunidad y la trazabilidad e identificación individual, elementos reconocidos como determinantes en la gestión técnica de los sistemas pecuarios (Delgado-Callisaya *et al.*, 2014). Estos componentes no operan de manera aislada, sino que se articulan para garantizar un manejo eficiente y controlado del sistema, como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. La inmunidad, la trazabilidad e identificación del animal y la nutrición son aspectos claves de la zootecnia (Fuente Propia, 2026).

NUTRICIÓN

En la becerria lechera, el desarrollo de los preestómagos se divide de manera arbitraria en dos etapas: el periodo no rumiante, desde el nacimiento hasta aproximadamente las tres semanas de edad, y el periodo de transición, entre las tres y ocho semanas. Cuando la becerria tiene acceso a alimento sólido, la proporción adulta de los compartimentos gástricos puede alcanzarse alrededor de las ocho semanas (Klein, 2014).

Al nacer, el rumen se encuentra inmaduro, por lo que las becerrias deben ser alimentadas a través de la gotera esofágica. Esta estructura anatómica, presente en neonatos, está conformada por el surco reticular, el surco del omaso y la ranura abomasal, que finaliza en el píloro (Kaba *et al.*, 2018), como se puede apreciar en la Figura 6. Su función es dirigir el calostro, la leche o el sustituto lácteo al abomaso, donde ocurre la coagulación de la caseína y la hidrólisis inicial de proteínas y lípidos; además, permite que ciertos fármacos eviten su degradación en los compartimentos (Barahona *et al.*, 1999; Kaba *et al.*, 2018).

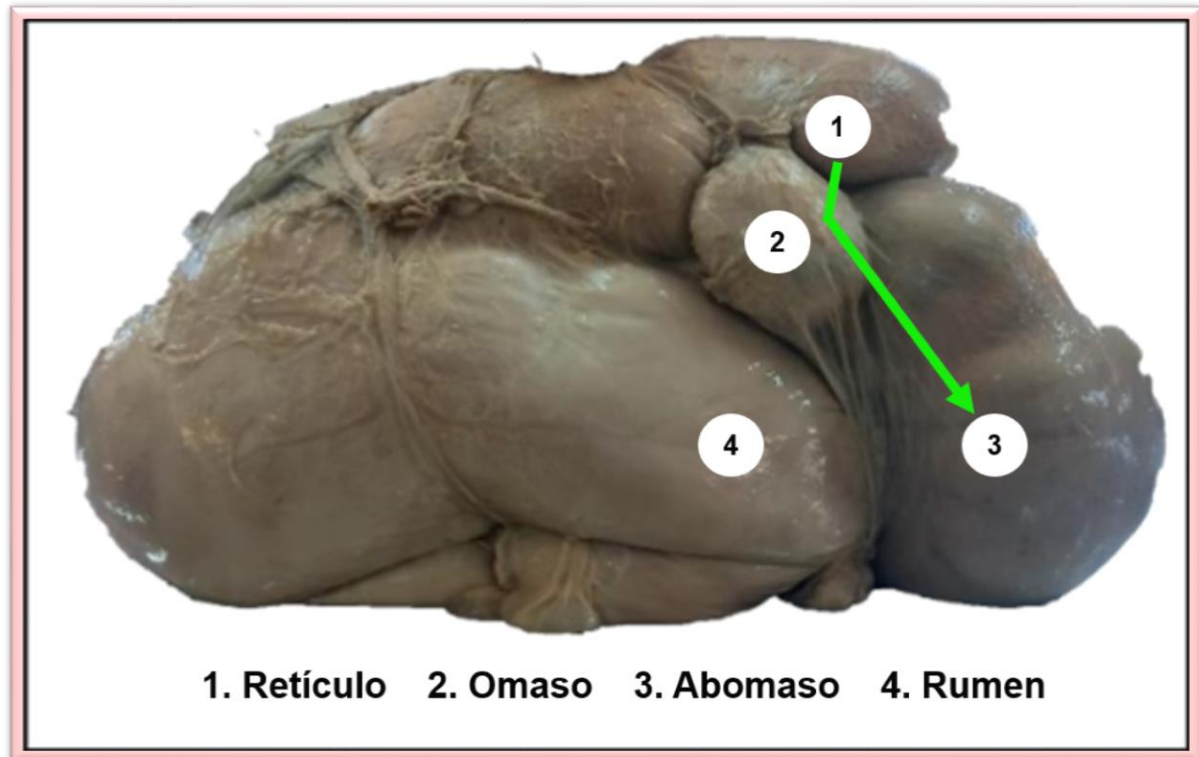


Figura 6. Fotografía los compartimentos gástricos. Se ilustra la dirección de la gotera esofágica en la cual baja el alimento lácteo hasta el abomaso, su destino final. Adaptado de Kaba et. al., 2018.

En su estudio, Tulbaev, 1974, concluyó que el tiempo de desaparición de la gotera esofágica depende en mayor medida de la dieta que de la edad cronológica del animal como factor determinante.

Durante los primeros meses de vida, la becerro es eficiente al convertir el alimento en ganancia de peso. Uno de los objetivos es duplicar el peso del nacimiento al tiempo del destete. Para lograr esto, una becerro que pesa 40 kg necesita ganar aproximadamente 600 gramos por día. Las recomendaciones actuales para la alimentación de becerras lecheras sugieren ofrecer el 15% de su peso vivo en leche o sustituto de leche a razón de 125 gramos por cada litro de agua. Esto sería equivalente a 6 litros por día. Para alcanzar los rangos de crecimiento óptimos, un sustituto de leche de calidad debe de contener entre 20-25% de proteína cruda, 18 al 20% de grasa y menos del 8% de cenizas (Swan, 2024).

El desarrollo ruminal adecuado es determinante para la transición al destete. La evolución anatómica de los compartimentos gástricos desde el periodo neonatal hasta la madurez evidencia el crecimiento progresivo del rumen y la reducción

relativa del abomaso, lo que marca el paso de una digestión predominantemente láctea a una fermentativa. Como se muestra en la Figura 7, durante la primera semana el abomaso es el compartimento predominante; posteriormente, el rumen aumenta su volumen hasta convertirse en el principal órgano digestivo en la etapa adulta (Coleen & Heinrichs, 2022).

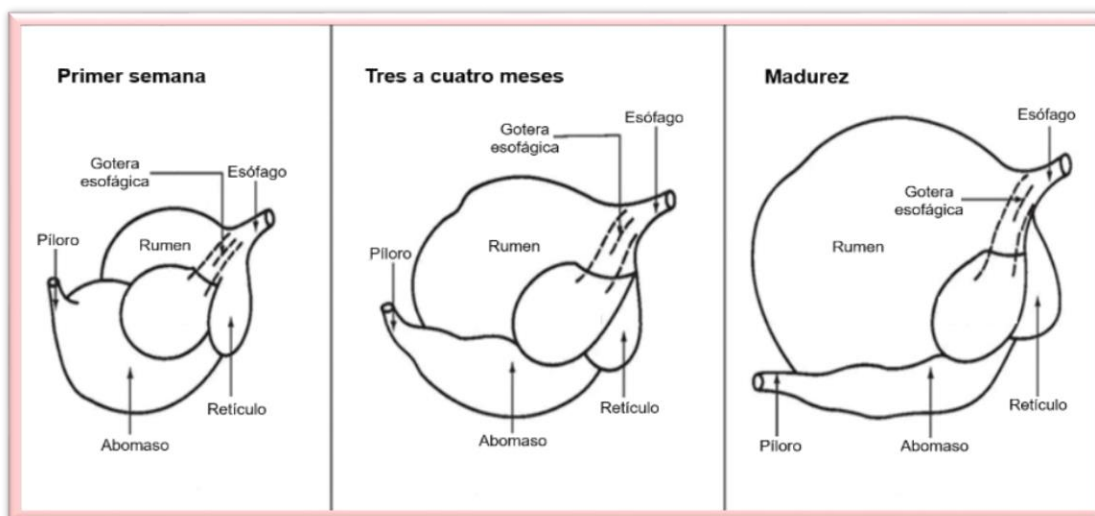


Figura 7. Desarrollo de los compartimentos gástricos desde el nacimiento hasta el destete. Adaptado de Coleen y Heinrichs, 2022.

El desarrollo de las papilas ruminales se ve favorecido al ofrecer concentrado, fibra y agua desde las primeras semanas de vida de las becerras, permitiendo así la colonización y la multiplicación de la microbiota (Swan, 2024). Aunque el consumo inicial es reducido, este aumenta progresivamente conforme se avanza a la etapa de transición.

El consumo de concentrado, grano y agua (preferentemente >4L) permitirá la fermentación del almidón, produciéndose así los ácidos grasos volátiles llamados butirato y ácido propiónico. Estos ácidos grasos propiciarán el desarrollo de las papilas ruminales, lo que favorece el desarrollo del rumen de manera más rápida para preparar a las becerras hacia la etapa del destete (Coleen & Heinrichs, 2022; Toledo *et al.*, 2024; Van Saun, 2022).

La estimulación temprana del rumen mediante la inclusión de alimento sólido favorece cambios estructurales visibles en el epitelio ruminal. En la Figura 8 se comparan las diferencias en el desarrollo de las papilas ruminales según el tipo de

dieta ofrecida durante las primeras semanas de vida, evidenciando el efecto del concentrado en la maduración funcional del rumen.

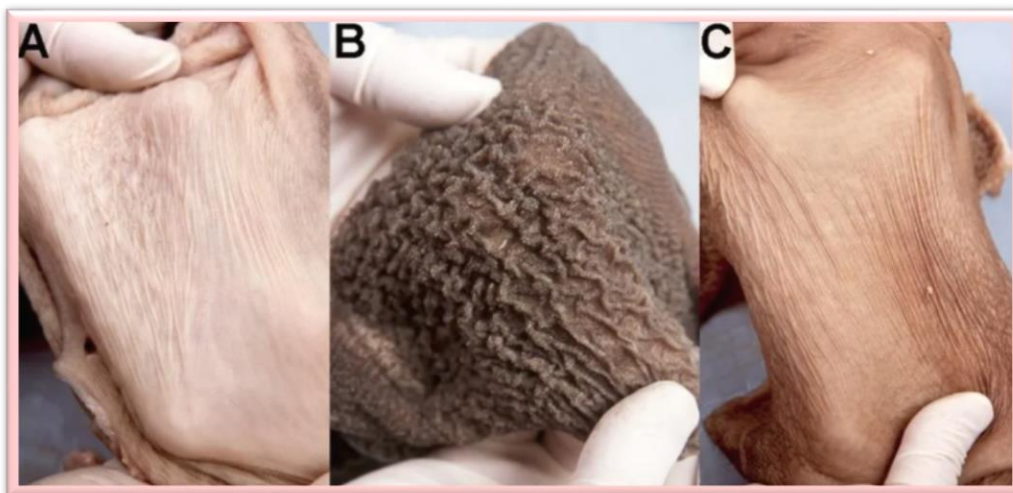


Figura 8. Comparación del desarrollo de las papilas ruminales en becerras de 6 semanas de edad. En la imagen A se muestra el rumen de una becerro alimentada con leche solamente, en la imagen B el rumen de una becerro alimentada con grano y leche, y en la C el rumen de una becerro alimentada con alfalfa y leche. Adaptado de Coleen y Heinrichs, 2022.

En conjunto, la nutrición durante la etapa neonatal constituye un determinante fisiológico del desarrollo estructural y funcional del aparato digestivo. La adecuada estimulación ruminal no solo favorece la eficiencia alimenticia posterior, sino que condiciona la capacidad metabólica, el estado sanitario y el desempeño productivo futuro de la becerro. Desde la perspectiva zootécnica, la alimentación temprana deja de ser una práctica operativa para convertirse en una decisión estratégica que impacta la sostenibilidad y competitividad del sistema lechero.

INMUNIDAD

La inmunidad se puede definir como un conjunto de mecanismos biológicos que permiten al organismo reconocer y neutralizar agentes patógenos antes de que cause una enfermedad. La inmunidad es natural, activa y pasiva (Jordan *et al.*, 2016).

La inmunidad natural actúa como una primera línea de defensa e incluye barreras físicas como la piel y las mucosas, así como algunos mecanismos celulares que reconocen y eliminan agentes patógenos (Jordan *et al.*, 2016).

En los neonatos, el abomaso presenta un ambiente menos ácido que en etapas posteriores, lo que favorece la supervivencia de las inmunoglobulinas y anticuerpos ingeridos. Es por esta condición que existe una absorción eficiente de los anticuerpos que se encuentran presentes en el calostro, convirtiéndose éste en la primera fuente de inmunidad para la becerro.(Hyland, 2012).

El calostro es la primera secreción mamaria y contiene altas concentraciones de inmunoglobulinas (Ig), células inmunes, factores de crecimiento y compuestos antimicrobianos como lactoferrina, lactoperoxidasa y lisozima, además de una microbiota inicial que contribuye a la protección temprana del neonato (Hang *et al.*, 2021; Nava-Cruz *et al.*, 2024; Peña-Revuelta *et al.*, 2024).

En los rumiantes, la placenta es de tipo sindesmocorial, lo que impide la transferencia transplacentaria de inmunoglobulinas maternas al feto. Como consecuencia, las becerros nacen agammaglobulinémicas o funcionalmente hipoglobulinémicas por lo que dependen completamente de la transferencia de inmunidad pasiva a través del calostro (Argüello *et al.*, 2005; Auad *et al.*, 2016; Guzmán & Olivera-Angel, 2020; Jordan *et al.*, 2016; Michelsen *et al.*, 2025; Phipps *et al.*, 2018).

La capacidad de absorción de inmunoglobulinas es limitada en el tiempo y ocurre principalmente durante las primeras horas de vida, y va disminuyendo progresivamente hasta cerrarse alrededor de las 24–48 horas. Por ello, se recomienda que la becerro reciba al menos tres litros de calostro de alta calidad dentro de las primeras cuatro horas posteriores al nacimiento (Chase *et al.*, 2008; Hyland, 2012).

La absorción de inmunoglobulinas ocurre a través de mecanismos especializados del epitelio intestinal neonatal (receptor FcRn) y depende de condiciones fisiológicas adecuadas (endocitosis usando vacuolas de transporte). Factores como el estrés por frío, distocias, partos prematuros o cesáreas pueden disminuir la eficiencia de absorción y comprometer la transferencia pasiva (Chase *et al.*, 2008).

La Falla de Transferencia Pasiva (FPT) puede deberse a ingesta insuficiente de calostro, baja calidad del mismo o absorción ineficiente. Se define comúnmente

como concentraciones séricas de inmunoglobulina G (IgG) inferiores a 10 mg/mL, mientras que valores iguales o superiores indican una transferencia adecuada (Michelsen et al., 2025). La FPT se asocia con mayores tasas de morbilidad y mortalidad neonatal (Robinson *et al.*, 1988). Para prevenirla, se recomienda administrar calostro con al menos 50 g/L de IgG, cuya calidad puede evaluarse mediante un refractómetro Brix, herramienta práctica y ampliamente disponible en campo (Godden *et al.*, 2019; Swan, 2024).

La mayoría de los anticuerpos maternos tienen una vida media que oscila entre los 16 y los 28 días. Su concentración disminuye progresivamente hasta alcanzar niveles insuficientes que permitan proteger contra infecciones, pero aún capaces de interferir con la respuesta vacunal, generando un periodo de susceptibilidad conocido como brecha inmunológica (Chase *et al.*, 2008).

La dinámica entre inmunidad pasiva, inmunidad activa y la brecha inmunológica puede representarse de forma esquemática a lo largo del desarrollo de la becerrita. Como se muestra en la Figura 9, la inmunidad materna predomina inmediatamente después del nacimiento y disminuye progresivamente, mientras que la inmunidad activa se desarrolla de manera gradual, generando un periodo intermedio de mayor susceptibilidad.

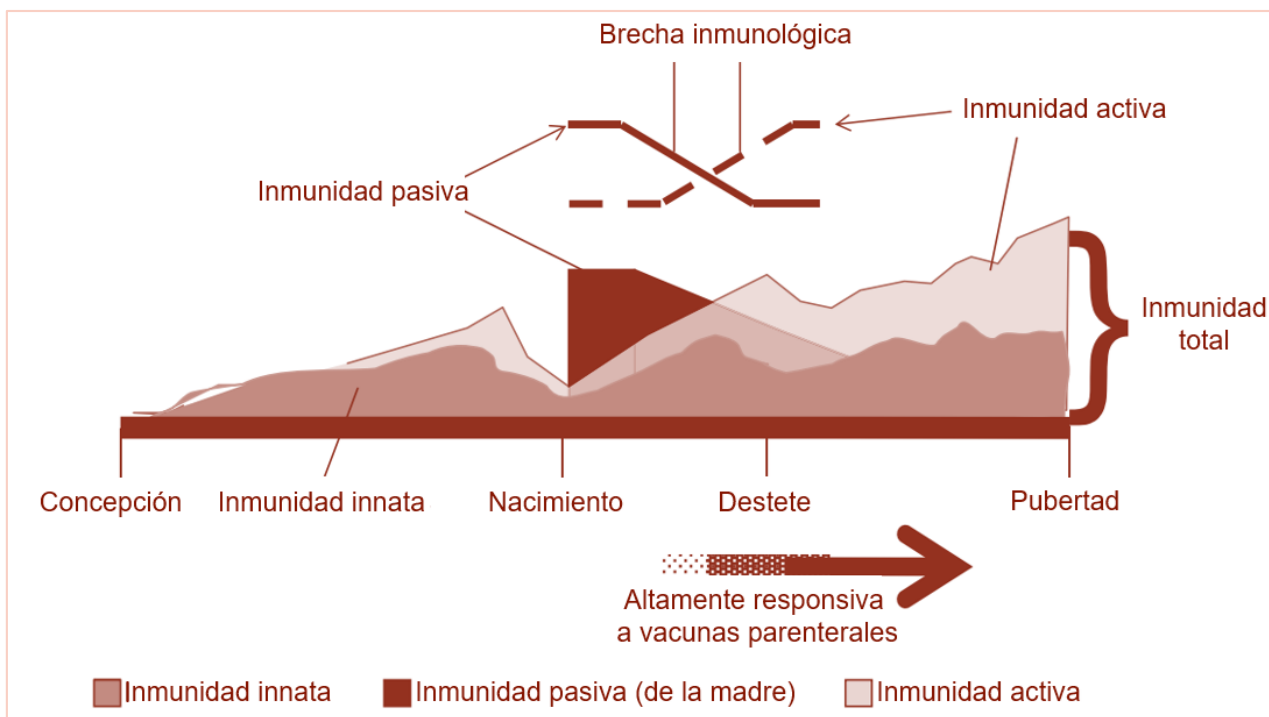


Figura 9. Desarrollo de la respuesta inmune en la becerria: desde la concepción hasta la pubertad. Adaptado de Chase *et al.*, 2008.

El desarrollo del sistema inmunológico en las becerrias progresa a pasos pequeños desde la concepción hasta la madurez aproximadamente a los 6 meses después de haber nacido. Las becerrias recién nacidas y las jóvenes, dependen solamente de la inmunidad pasiva, ésta es una espada de doble filo: de un lado, ofrece protección contra las enfermedades y del otro, interfiere con la habilidad inmunológica de la becerria de desarrollar inmunidad al antígeno vacunal (Chase *et al.*, 2008).

La inmunidad activa se adquiere mediante la exposición natural a un patógeno o a través de la vacunación, la cual estimula la producción de anticuerpos sin provocar la enfermedad clínica y requiere refuerzos para mantener niveles protectores (Jordan *et al.*, 2016). No obstante, en becerrias neonatas la respuesta vacunal puede verse limitada por la inmadurez del sistema inmunológico y por la interferencia de los anticuerpos maternos adquiridos vía calostro, lo que dificulta la generación de una respuesta inmunitaria eficaz durante las primeras semanas de vida (Chase *et al.*, 2008).

Antes de establecer un programa de vacunación, es fundamental identificar los factores de riesgo presentes en el sistema productivo, tales como condiciones de

alojamiento, higiene, manejo del calostro y momentos en que se realizan procedimientos potencialmente estresantes como el aretado o el descorne. El objetivo de la vacunación es fortalecer la inmunidad a nivel del hato y aumentar la resistencia individual; por ello, el tipo de vacuna, la vía de administración y el momento de aplicación deben ajustarse a la prevalencia de patógenos y a la edad de exposición habitual en cada sistema (Sherwin & Down, 2018).

En síntesis, la inmunidad generada en la etapa neonatal depende de un manejo adecuado del calostro, de la prevención de la Falla de Transferencia Pasiva y de una planificación estratégica de los programas de vacunación. La implementación adecuada de estos elementos reduce la incidencia de enfermedades, mejora la supervivencia y favorece el desarrollo productivo futuro de las becerras, consolidando la inmunidad como un componente esencial dentro de las Buenas Prácticas Pecuarias.

TRAZABILIDAD E IDENTIFICACIÓN DEL ANIMAL

La trazabilidad en sistemas pecuarios se define como la capacidad de seguir el rastro de un animal o de sus productos a lo largo de todas las etapas de producción y procesamiento, desde su origen hasta su destino final, con el propósito de garantizar control sanitario, transparencia y seguridad alimentaria (SENASICA, 2021). Este sistema permite documentar el origen del animal, su historial sanitario, los tratamientos veterinarios recibidos, su alimentación y su pertenencia a una unidad de producción específica (SENASICA, 2021; SENASICA-SAGARPA, 2018).

La identificación individual constituye la base de la trazabilidad, ya que asigna a cada animal un código único, permanente e irrepetible que permite asociar información productiva y sanitaria a lo largo de su vida (SENASICA, 2024). Aunque los sistemas formales de identificación han ido evolucionando tecnológicamente por más de 3,800 años, el principio de individualización del ganado tiene antecedentes históricos que evidencian su importancia en el control de enfermedades, prevención del abigeato y valorización comercial (Murphy *et al.*, 2008).

En México, el Sistema Nacional de Identificación Individual del Ganado (SINIIGA), también denominado Sistema Nacional de Identificación Animal para Bovinos y

Colmenas (SINIDA), constituye el mecanismo oficial para asegurar la trazabilidad del ganado bovino (SENASICA-SAGARPA, 2018). Este sistema fue implementado en 2003 como medida preventiva ante riesgos zoonosarios, incluyendo la Encefalopatía Espongiforme Bovina (Murphy *et al.*, 2008).

Los productores pueden tramitar la actualización de sus datos en el Padrón Ganadero Nacional y solicitar técnicos identificadores para sus animales a través de una Ventanilla Autorizada del Sistema Nacional de Identificación de Ganado, (SINIIGA). El dispositivo oficial incluye aretes con códigos alfanuméricos y sistemas de lectura que permiten la identificación inequívoca de cada animal (SENASICA-SAGARPA, 2018).

El dispositivo oficial de identificación bovina en México está compuesto por dos aretes complementarios. En la oreja izquierda se coloca el arete tipo bandera, que contiene un código de barras para lectura electrónica y un código alfanumérico de catorce caracteres que identifica el país de origen, la especie (00 para bovinos), el estado y el número único del animal. En la oreja derecha, se aplica un arete tipo botón con el mismo número de identificación, precedido por la nomenclatura correspondiente, garantizando así la individualización permanente y verificable del bovino, como se muestra en la Figura 10. (SENASICA-SAGARPA, 2018).



Figura 10. Descripción física del arete tipo bandera (oreja izquierda) y arete tipo botón (oreja derecha) utilizados en el sistema oficial de identificación bovina en México. Adaptado de DOF, 2015.

Desde una perspectiva zootécnica, la identificación individual no solo cumple una función normativa, sino que constituye una herramienta técnica fundamental para el seguimiento del crecimiento, la evaluación sanitaria, el monitoreo de programas de vacunación y la toma de decisiones productivas. La trazabilidad permite detectar brotes de enfermedad, analizar tasas de morbilidad y mortalidad, evaluar desempeño individual y fortalecer la bioseguridad del hato (SENASICA, 2024).

Dentro de las Buenas Prácticas Pecuarias, la trazabilidad consolida la integración entre manejo, sanidad y gestión productiva, al facilitar el registro sistemático de información y respaldar decisiones basadas en evidencia técnica y sanitaria.

La zootecnia, entendida como un enfoque integral, incorpora la nutrición, la inmunidad y la trazabilidad como bases del desarrollo y la estabilidad fisiológica de la becerro lechera, consolidándose como un pilar estratégico dentro de las Buenas Prácticas Pecuarias.

2.2.3 INOCUIDAD ALIMENTARIA/ BIOSEGURIDAD

Las unidades de producción lechera se sitúan en los eslabones iniciales de la cadena agroalimentaria; por tanto, su operatividad debe estructurarse en conformidad con las crecientes demandas de garantía de inocuidad (Zumbado Gutiérrez & Romero Zuñiga, 2016). En este contexto, es preciso distinguir entre la inocuidad alimentaria que es la garantía de que el alimento no causará daño al consumidor y la seguridad alimentaria, la cual se alcanza cuando todas las personas tienen acceso físico y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos para cubrir sus necesidades y preferencias (FAO *et al.*, 2007).

En la actualidad, la literatura sobre inocuidad alimentaria suele enfocarse en el ganado adulto y sus productos derivados (leche y carne). Debido a que las becerros aún no se encuentran en una etapa productiva, existe información específica limitada sobre inocuidad en esta fase de desarrollo. No obstante, la base para garantizar la calidad sanitaria futura de la granja radica en la bioseguridad de la becerro.

- Definición y pilares de la bioseguridad

La bioseguridad se define como el conjunto de medidas físicas y de gestión diseñadas para prevenir la introducción, establecimiento y propagación de patógenos o toxinas dentro de las lecherías (Fonseca Martinez *et al.*, 2026; Sanderson, 2009). Según Noordhuizen (2021), los programas de bioseguridad se basan en 3 pilares:

- a) Análisis de las amenazas: Identificación de infecciones y riesgos prioritarios (prevalentes y potenciales).
- b) Gestión de estos riesgos: Ejecución de medidas para mitigar dichas amenazas.
- c) Comunicación de riesgos: Capacitación y concientización del personal sobre las necesidades de cumplimiento.

A pesar de su carácter técnico, investigaciones contemporáneas destacan que el comportamiento humano, incluyendo la actitud del ganadero, la percepción del riesgo y factores sociales son determinantes para una ejecución eficaz (Fonseca Martinez *et al.*, 2026).

- Bioseguridad interna (Biocontención).

El objetivo de la bioseguridad interna es limitar la diseminación de los patógenos dentro del hato. Esto es crítico en las becerras, cuya salud y desarrollo a largo plazo dependen directamente de evitar la exposición temprana a enfermedades debido a la inmadurez de su sistema inmunológico (Fonseca Martinez *et al.*, 2026; Noordhuizen, 2021). Las principales estrategias recomendadas incluyen:

- Manejo de la madre y el parto: Vacunar y suplementar con vitaminas y minerales a la vaca durante el periodo seco para optimizar la transferencia de inmunidad pasiva. El parto debe ocurrir en áreas secas, limpias, ventiladas y libres de lodo o contaminación fecal. (Fonseca Martinez *et al.*, 2026).
- Gestión del calostro y neonato: Retirar a la becerria inmediatamente después del nacimiento, desinfectar el ombligo con yodo y suministrar únicamente calostro de madres sanas. La calidad del calostro debe verificarse con un refractómetro y la eficiencia de absorción mediante la medición de proteína

total sérica a los dos días de vida (niveles < 5 g/100 ml indican fallas en la transferencia) (Alltech Leinert, 2025; Fonseca Martinez *et al.*, 2026).

- Higiene y Alojamiento: En los corrales se debe mantener a las beceras aisladas de animales adultos. Es imperativo lavar y desinfectar comederos, cubetas y biberones con productos de alto espectro (ej. Virkon®) tras cada uso. En corrales con cama de arena o aserrín, ésta debe renovarse con la llegada de los nuevos animales y el piso debe airearse semestralmente (Cano Cebada, 2006; Jordan *et al.*, 2016).
- Control de vectores y antropozoonosis: Implementar un control estricto de fauna nociva (aves, moscas, roedores) mediante cercos perimetrales, insecticidas, rodenticidas y trampas. Asimismo, monitorear que el personal a cargo, goce de buena salud, ya que pueden actuar como transmisores de enfermedades hacia los animales (ej. Salmonelosis) (Alltech Leinert, 2025; Noordhuizen, 2021).

- Calidad del agua y parámetros de inocuidad

El suministro de agua contaminada debilita el sistema inmunológico y causa deshidratación. El agua debe ser limpia, fresca y, en climas extremos, mantenerse a una temperatura que ayude a la termorregulación del animal (Alltech Leinert, 2025). Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para asegurar la inocuidad se detallan a continuación en el Cuadro 3:

LÍMITES PERMISIBLES EN EL AGUA

Característica / Medición	Límite Permissible (Concentración Segura)
Bacteriológicas	
Bacterias coliformes totales	Ausencia o no detectables
E. coli o coliformes fecales	Ausencia o no detectables
Físicas y Organolépticas	
Color	20 unidades de color verdadero (escala Pt-Co)
Olor y sabor	Agradable (tolerable para los consumidores)
Turbidez	5 unidades de turbidez nefelométricas (UTN)
Sustancias Químicas (mg/L o ppm)	
Nitratos	Menor que 440
Nitritos	Menor que 33
Sulfatos	Menor que 300
Cloro	Menor que 1,000
Calcio	Menor que 1,000
Sodio	Menor que 800
Hierro	Menor que 0.4
Sólidos disueltos totales	Menor que 3,000
Dureza (carbonato de Ca y Mg)	Menor que 2,000

Cuadro 3. Parámetros de calidad del agua de consumo animal y límites permisibles. Adaptado de SENASICA-SAGARPA, 2018.

- Bioseguridad externa

La bioseguridad externa busca prevenir la introducción de patógenos a la unidad productiva mediante el establecimiento de barreras sanitarias y controles de acceso. Su adecuada implementación reduce el riesgo de brotes infecciosos que puedan comprometer la salud del hato. La eficacia de estas medidas depende en gran medida del compromiso del productor y de su comprensión del impacto en la salud pública y la sustentabilidad del sistema (Fonseca Martínez *et al.*, 2026). Se recomiendan las siguientes acciones:

- Control de visitas: Designar áreas específicas para los visitantes que no impliquen contacto con animales o el equipo. Es necesario mantener un registro de entradas y exigir identificación (Jordan *et al.*, 2016).
- Protocolos de desinfección: Implementar pediluvios en las instalaciones o botas desechables en los accesos y exigir que cualquier vehículo externo sea lavado y desinfectado antes de ingresar.

- Restricción de contacto: Restringir el acceso ilimitado a las instalaciones y evitar que manejadores de otros hatos tengan contacto físico con los animales de la unidad (Fonseca Martinez *et al.*, 2026).

En conjunto, la bioseguridad en la etapa de crianza no solo protege la viabilidad económica del sistema lechero, sino que constituye una condición esencial para preservar la salud, el bienestar y el desarrollo fisiológico adecuado de las becerras, consolidándose como un componente preventivo clave dentro de las Buenas Prácticas Pecuarias.

2.2.4 SUSTENTABILIDAD

El desarrollo del sector ganadero bovino se enfrenta a múltiples crisis (ambientales, económicas, alimentarias, energéticas y sanitarias), que impactan directamente en la producción de alimentos y en la salud humana. Este contexto ha impulsado la revisión y ajuste de las prácticas ganaderas, favoreciendo la adopción de modelos productivos más eficientes y ambientalmente responsables, basados en principios agroecológicos y de manejo integral en los ámbitos sociocultural, ambiental y económico (Del Angel-Lozano *et al.*, 2023).

El desarrollo sustentable fue definido por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Brundtland, 1987), como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias. En el ámbito pecuario, la ganadería sustentable se concibe como un sistema con capacidad de permanencia en el tiempo, caracterizado por ser económicamente viable, ecológicamente racional y socialmente responsable, garantizando niveles adecuados de calidad de vida y la conservación de los ecosistemas que constituyen su base productiva (Camors *et al.*, 2025; Segerkvist *et al.*, 2020).



Figura 11. Factores en la ganadería sustentable. Adaptación propia basada en Segerkvist et al., 2020.

- Dimensión ambiental

Desde la dimensión ambiental, la ganadería bovina es responsable de aproximadamente el 14.5 % de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, principalmente metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y dióxido de carbono (CO₂) a nivel mundial (Lancaster & Larson, 2022). Dentro de los sistemas de producción, la etapa primaria representa una proporción significativa de la intensidad de estas emisiones. El metano derivado de la fermentación entérica de forrajes de baja calidad y del manejo inadecuado del estiércol incrementa esta huella ambiental. Asimismo, el uso ineficiente de los recursos en los agroecosistemas pecuarios puede llegar a generar desertificación, degradación de pastizales por sobrepastoreo y pérdida de biodiversidad. (Martínez *et al.*, 2023).

Durante la etapa de crianza, la eficiencia alimentaria y energética cobra especial relevancia. Se estima que hasta el 70% del alimento consumido por las hembras reproductoras (incluidas las becerras de reemplazo) se destina a cubrir sus requerimientos energéticos de mantenimiento. Optimizar la conversión alimenticia mediante una nutrición más estratégica como la inclusión controlada de concentrados posteriores al destete, no solo favorece tasas de crecimiento adecuadas y un peso óptimo en cada etapa, sino que contribuye a disminuir la

intensidad de emisiones, generando una sinergia entre la sustentabilidad ambiental y la eficiencia económica del hato (Lancaster & Larson, 2022).

- Dimensión económica

La sustentabilidad integral del sistema lechero depende intrínsecamente de su viabilidad económica, la cual está condicionada por la optimización de los costos operativos, principalmente en rubros de alimentación, energéticos y gestión de la mano de obra. Históricamente, el paradigma tecnológico derivado por la "Revolución Verde" buscó multiplicar la productividad mediante la inversión de capital, sin embargo, este modelo generó una alta dependencia hacia insumos externos (como fertilizantes y suplementos comerciales), dejando a los productores en una situación de extrema vulnerabilidad ante las fluctuaciones de los precios del mercado (FAO *et al.*, 2007).

En consecuencia, la viabilidad financiera de las explotaciones lecheras contemporáneas debe trascender la medición del volumen físico producido. El enfoque actual exige evaluar la eficiencia energética, entendida como la capacidad de transformar la energía invertida en producto útil, la optimización de los recursos locales y la mitigación de la dependencia tecnológica externa. Aquellos sistemas que implementan una intensificación sustentable en sus áreas de pastoreo y una gestión integral de recursos demuestran mayores márgenes de utilidad y una eficiencia global superior. (FAO *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2023).

- Dimensión social

Más allá de los rendimientos productivos y la eficiencia de los insumos, el éxito de cualquier sistema lechero reside en su capital humano. La sustentabilidad no puede ser entendida únicamente como un equilibrio entre finanzas y ecología; debe integrar la dimensión social como el eje transversal que garantiza toda la operatividad de la unidad de producción. En este sentido, la creación de medios de vida que aseguren el bienestar, la equidad y salarios dignos para cubrir las necesidades familiares no es solo un imperativo ético, sino un requisito funcional para la estabilidad de estos sistemas (FAO *et al.*, 2007).

La inclusión de los trabajadores en la gestión de la salud y la seguridad del entorno productivo, así como el respeto irrestricto a los derechos humanos del trabajador rural, deben concebirse como una inversión indispensable. Estas acciones no solo promueven la permanencia y el desarrollo social de una comunidad, sino que son fundamentales para asegurar el bienestar animal, la inocuidad y la productividad en el largo plazo, dejando de ser vistas como un simple costo para convertirse en el núcleo de un sistema agroalimentario resiliente (FAO *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2023).

Esta visión integral tiene un impacto directo en la práctica veterinaria: un personal motivado y capacitado es fundamental para asegurar el bienestar animal, la inocuidad y la productividad. Cuando la gestión humana se sitúa en el núcleo del sistema agroalimentario, las medidas de bioseguridad y manejo dejan de ser vistas como tareas impuestas para transformarse en compromisos compartidos que promueven tanto el desarrollo social de la comunidad como la viabilidad económica de la granja.

- Prácticas sustentables en las Buenas Prácticas Pecuarias

En el marco de las Buenas Prácticas Pecuarias (BPP), la sustentabilidad implica la implementación de prácticas orientadas a reducir el impacto ambiental y fortalecer la eficiencia de todo el sistema productivo. Entre ellas destacan la conservación de la fertilidad y microbiota del suelo, el control del sobrepastoreo mediante esquemas rotacionales, la reducción de la dependencia de insumos externos como fertilizantes químicos y antibióticos de uso rutinario, el manejo responsable del estiércol, la adopción progresiva de energías renovables y la garantía de condiciones que favorezcan el bienestar animal (FAO *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2023).

De este modo, la sustentabilidad se consolida como un pilar transversal y complementario a la sanidad y al bienestar del hato, fortaleciendo la eficiencia productiva, la estabilidad social y la protección ecológica del sistema lechero en su conjunto. En la práctica, este enfoque implica la adopción de estrategias integrales tales como el manejo eficiente del agua, la conservación y mejora del contenido de nitrógeno y materia orgánica en el suelo, la reducción del uso de materiales no

reciclables, el uso racional de herbicidas, pesticidas y medicamentos veterinarios, así como la implementación de esquemas de pastoreo rotacional que prevengan la degradación del suelo.

Asimismo, la transición hacia fuentes de energía renovables como biocombustibles, energía solar o eólica, contribuye a disminuir la dependencia de combustibles fósiles y a reducir la huella ambiental del sistema. Desde la dimensión social, la sustentabilidad requiere garantizar condiciones laborales dignas, promover la inclusión de mujeres en el sector pecuario, fortalecer la seguridad y salud ocupacional, evitar esquemas laborales precarios y fomentar la comercialización a precios justos que aseguren la permanencia de las unidades productivas familiares.

En este sentido, la sustentabilidad no se limita a la mitigación ambiental, sino que representa un enfoque sistémico que integra eficiencia productiva, responsabilidad social y bienestar animal dentro del marco de las Buenas Prácticas Pecuarias.

III. CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado en esta monografía, se confirma que el desarrollo de programas de implementación de las Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) en las granjas lecheras, durante la etapa de crianza de becerras, es una herramienta estratégica para garantizar el bienestar animal, fortalecer la productividad futura y consolidar la sostenibilidad y la sustentabilidad del sistema productivo. La adopción de un esquema que esté basado en medidas relacionadas a la higiene, manejo adecuado del calostro, atención sanitaria del parto, bioseguridad, nutrición y alojamiento confortable es posible la reducción de la morbilidad y mortalidad neonatal, al asegurar el desarrollo fisiológico en las primeras etapas de vida.

La evaluación regular del rendimiento y de las condiciones de las becerras, fortalece la toma de decisiones basada en datos y promueve una gestión preventiva del sistema productivo. Este enfoque no solo ayuda a mejorar los indicadores sanitarios y productivos, sino que consolida las prácticas estandarizadas aquí descritas.

Las becerras representan el reemplazo generacional y la base genética de todo el sistema lechero; por lo que, el impacto de su correcto manejo se hace tangible en la edad al primer parto, la longevidad productiva y la rentabilidad futura. Cuando se integran de forma consciente las áreas de bienestar animal, zootecnia, inocuidad y sustentabilidad dentro del marco de las BPP es posible generar un modelo de producción más equilibrado, donde la eficiencia técnica, la responsabilidad ambiental y el compromiso social son parte del proceso.

Las Buenas Prácticas Pecuarias deben entenderse no solamente como una serie de lineamientos normativos, sino como una estrategia de gestión integral que brinda la oportunidad de fortalecer la competitividad y sostenibilidad de los sistemas lecheros.

Finalmente, este trabajo integra y analiza los principales enfoques contemporáneos del bienestar animal enfocados a la crianza de becerras lecheras, destacando la necesidad de adoptar una visión preventiva, técnica e integral dentro de las BPP. En algunas regiones altamente productivas como es el caso de la Comarca

Lagunera, donde la actividad lechera constituye por sí mismo un eje económico y social relevante, la implementación de estas prácticas no solo permite mantener la competitividad en este sector, sino que además consolida un modelo de producción que es responsable, sostenible y centrado en el bienestar animal como base del desarrollo pecuario.

RECOMENDACIONES

Derivado del desarrollo de este trabajo, se presentan las siguientes recomendaciones que están orientadas a reforzar la implementación de las Buenas Prácticas Pecuarias en la crianza de becerras lecheras:

a) Implementación integral y preventiva.

Se recomienda que la implementación de la BPP se realice desde la etapa neonatal, con énfasis en el manejo de calostro, la bioseguridad interna y externa y la evaluación continua del animal en la unidad de producción pecuaria.

b) Capacitación y factor humano

El personal debe ser capacitado técnicamente en el manejo de becerras, de forma continua, ya que el factor humano es considerado uno de los factores más determinantes en la ejecución de los protocolos sanitarios y productivos.

c) Monitoreo y toma de decisiones basada en evidencia

El establecimiento de sistemas para monitorear y registrar indicadores esenciales como morbilidad, mortalidad, ganancia diaria de peso, calidad del calostro e indicadores de bioseguridad fortalecería la toma de decisiones basadas en evidencia.

d) Integración del enfoque de sustentabilidad

Las métricas de sostenibilidad ambiental y social, como el manejo de residuos, el uso racional de medicamentos, la eficiencia energética y las condiciones laborales dignas, deben ser adoptadas integrando características ambientalmente amigables y socialmente responsables.

e) Certificación como estrategia de competitividad

Las unidades de producción que tengan interés en obtener una Certificación en Buenas Prácticas Pecuarias, emitida por los organismos competentes, tras demostrar el cumplimiento de los estándares sanitarios y de bienestar animal, deberían buscar que la certificación represente una mejora sustancial en la calidad de vida de sus animales y no que no se convierta únicamente en un trámite administrativo.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Ajmone-Marsan, P., García, J. F., & Lenstra, J. A. (2010). On the origin of cattle: How aurochs became cattle and colonized the world. *Evolutionary Anthropology*, 19(4), 148–157. <https://doi.org/10.1002/evan.20267>
- Alltech Leinert. (2025, September 19). *Biosecurity practices for optimal dairy calf health*. <https://www.alltechleinert.com.au/biosecurity-practices-for-optimal-dairy-calf-health/>.
- American Society of Animal Science. (2025, July 30). *What is Animal Science?* <https://www.asas.org/services/student-resources/what-is-animal-science>
- Angrecka, S., Solecka, U., Vieira, F. M. C., Herbut, P., Deniz, M., Adamczyk, K., & Godyń, D. (2023). Noise as a factor of environmental stress for cattle - A review. *Annals of Animal Science*, 23(3), 717–723. <https://doi.org/10.2478/aoas-2023-0046>
- Argüello, A., Castro, N., & Capote, J. (2005). Short Communication: Evaluation of a color method for testing Immunoglobulin G concentration in goat colostrum. *Journal of Dairy Science*, 88(5), 1752–1754. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72849-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72849-6)
- Auad, J., Cooper, L. G., Cerutti, J., Lozano, A., & Marini, V. N. (2016). Concentración de inmunoglobulina G en suero y calostro de cabras de acuerdo al número de crías de la camada. *Revista Veterinaria*, 1, 11–13.
- Barahona, M. V., Sánchez-Fortun, M., San Andrés, M. D., & Rodríguez, C. (1999). Involvement of cyclic GMP-dependent mechanism in the nitreergic relaxation of the bovineoesophageal groove. *Journal of Autonomic Pharmacology*, 19, 39–47.
- Bentley, J., Robinson, A., Castillo-López, E., Clark, K., Kononoff, P., & Ramírez-Ramírez, H. (2017). *Manejo, estrés y miedo en becerros* (pp. 1–4). Iowa State University. <https://www.extension.iastate.edu/dairyteam/files/documents/Manejo%2C%20estre%CC%81s%20y%20miedo%20en%20becerros.pdf>
- Bhilegaonkar, K. N., Kolhe, R. P., & Kumar, M. S. (2024). Good Animal Husbandry Practices. In *Encyclopedia of Food Safety* (pp. 407–415). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822521-9.00232-X>
- Boissy, A., Manteuffel Gerhard, Bak Jensen, M., & Opperman Moe, R. (2007). *Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare*. 375–397.
- Botello-León, A., Ortega-Ojeda, M. E., Iglesia-Obando, W. A., Morán-Montaño, C. F., & Estrabao-Pérez, A. E. (2016). El rediseño de la carrera de Zootecnia en la

universidad técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas, Ecuador. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 7(4), 41–56.

- Botreau, R., Veissier, I., & Pery, P. (2009). Overall assessment of animal welfare: Strategy adopted in Welfare Quality®. *Animal Welfare*, 18(4), 363–370. https://tice.agrocampus-ouest.fr/pluginfile.php/55014/mod_resource/content/2/res/Botreau_2009.pdf
- Broom, D. M. (2011). A History of Animal Welfare Science. *Acta Biotheoretica*, 59(2), 121–137. <https://doi.org/10.1007/s10441-011-9123-3>
- Brouček, J. (2014). EFFECT OF NOISE ON PERFORMANCE, STRESS, AND BEHAVIOUR OF ANIMALS. *Slovak J. Anim. Sci*, 47(2), 111–123.
- Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future-Call for Action*. <https://www.brundtland.co.za/wp-content/uploads/2022/08/Brundtland-Report-1987-Our-Common-Future.pdf>
- Buchanan, D. S. (2021). Major bos taurus breeds. *Encyclopedia of Dairy Sciences: Third Edition*, 1, 106–115. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00624-7>
- Camors, V., Sosa, P., Narbondo, I., & Lagaxio, L. (2025). Land access in dairy farming in Uruguay. Gender and sustainability perspectives. *Mundo Agrario*, 26(61). <https://doi.org/10.24215/15155994e268>
- Cano Cebada, J. P. (2006). *Bioseguridad en Explotaciones de Bovinos*. www.produccion-animal.com.ar
- Caramelli, D. (2006). The Origins of Domesticated Cattle. *Human Evolution*, 21(2), 107–122. <https://doi.org/10.1007/s11598-006-9013-x>
- Carenzi, C., & Verga, M. (2009). Animal welfare: review of the scientific concept and definition. *Italian Journal of Animal Science*, 8(Sup1), 21–30. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s1.21>
- Chase, C. C. L., Hurley, D. J., & Reber, A. J. (2008). Neonatal Immune Development in the Calf and Its Impact on Vaccine Response. *Veterinary Clinics. Food Animal Practice.*, 24, 87–104. <https://doi.org/doi:10.1016/j.cvfa.2007.11.001>
- Coleen, M. J., & Heinrichs, J. (2022). *Feeding the Newborn Dairy Calf*. Penn Stae Extension.
- Cooper, R., & Wemesfelder, F. (2020). Qualitative behaviour assessment as an indicator of animal emotional welfare in farm assurance. *Farm Practice*, 25(4).
- Córdova-Izquierdo, A., Ruiz-Lang, C. G., Xolalpa-Campos, V., Méndez-Mendoza, M., Huerta-Crispin, R., Villa-Mancera, A., Córdova-Jiménez, C. A., Olivares-Pérez, J., Sánchez-Aparicio, P., & Guerra-Liera, E. (2009, December). Importancia del Bienestar Animal en las Unidades de Producción Animal.

Revista Electrónica de Veterinaria, 10(Marzo-Abril), 125–130.
[https://doi.org/ISSN: 1695-7504](https://doi.org/ISSN:1695-7504)

- Cuervo, W., Sordillo, L. M., & Abuelo, A. (2021). Oxidative stress compromises lymphocyte function in neonatal dairy calves. *Antioxidants*, 10(2), 1–17. <https://doi.org/10.3390/antiox10020255>
- Del Angel-Lozano, G., Escalona-Aguilar, M. Á., del Moral, J. B., & Cuevas-Reyes, V. (2023). Agroecological principles and practices for the transition to sustainable cattle farming. Review. In *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* (Vol. 14, Number 3, pp. 696–724). INIFAP-CENID Parasitología Veterinaria. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i3.6287>
- Delano, M. L., Mischler, S. A., & Underwood, W. J. (2002). Biology and Diseases of Ruminants: Sheep, Goats, and Cattle. In J. G. Fox, L. C. Anderson, F. M. Loew, & F. W. Quimby (Eds.), *Laboratory Animal Medicine* (2nd ed., pp. 519–614). Academic Press by Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-263951-7.X5000-5>
- Delgado-Callisaya, P. A., Centellas, N., & Villavicencio, W. (2014). Importancia y finalidad de la Zootecnia dentro de las Ciencias Agropecuarias. *J. Selva Andin Anim. Sci.*, 1(1), 21–23. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v1n1/v1n1_a04.pdf
- Dimov, D., Penev, T., & Marinov, I. (2023). Importance of Noise Hygiene in Dairy Cattle Farming—A Review. In *Acoustics* (Vol. 5, Number 4, pp. 1036–1045). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/acoustics5040059>
- Erickson, P. S., & Kalscheur, K. F. (2020). Chapter 9. Nutrition and feeding of dairy cattle. In F. Bazer, W. Cliff Lamb, & G. Wu (Eds.), *Animal Agriculture Sustainability, Challenges and Innovations* (pp. 157–180). Academic Press / Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4>
- FAO, OIT, & UITA. (2007). *TRABAJADORES AGRÍCOLAS Y SU CONTRIBUCIÓN A LA AGRICULTURA Y EL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLES* (1st ed.). FAO, OIT, UITA.
- FAWC. (2009). *Farm Animal Welfare in Great Britain* (Number October). <http://www.fawc.org.uk>
- Fonseca Martinez, B. A., Arevalo Mayorga, A., Page, J., & Habing, G. (2026). Biosecurity in dairy calf production: A scoping review. *Preventive Veterinary Medicine*, 246(106697), 1. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2025.106697>
- Fraser, D. (2008). Understanding animal welfare. In D. Fraser (Ed.), *Understanding animal welfare: 50 Suppl 1* (pp. 1–7). Acta Veterinaria Scandinavica. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-50-S1-S1>

- Fu, Z. L., Yang, Y., Ma, L., Malmuthuge, N., Guan, L. L., & Bu, D. P. (2024). Dynamics of oxidative stress and immune responses in neonatal calves during diarrhea. *Journal of Dairy Science*, *107*(2), 1286–1298. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23630>
- Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum Management for Dairy Calves. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 35, Number 3, pp. 535–556). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>
- Guevara, S., & Lira-Noriega, A. (2004, December). DE LOS PASTOS DE LA SELVA A LA SELVA DE LOS PASTOS: LA INTRODUCCIÓN DE LA GANADERÍA EN MÉXICO. *Pastos*, *2*, 109–150.
- Guzmán, V., & Olivera-Angel, M. (2020). Calostrogénesis, digestión y absorción del calostro. In M. Olivera-Angel & O. Huertas-Molina (Eds.), *La lactancia vista desde múltiples enfoques. Segunda parte: métodos, interpretación de resultados y costos de producción de leche*. (1°, pp. 17–29). Universidad de Antioquía. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/342154/20802573>
- Hampton, J. O., Hemsworth, L. M., Hemsworth, P. H., Hyndman, T. H., & Sandøe, P. (2023). Rethinking the utility of the Five Domains model. *Animal Welfare*, *32*. <https://doi.org/10.1017/awf.2023.84>
- Hang, B. P. T., Wredle, E., & Dicksved, J. (2021). Analysis of the developing gut microbiota in young dairy calves—impact of colostrum microbiota and gut disturbances. *Tropical Animal Health and Production*, *53*(1). <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02535-9>
- Harrison, Ruth., Carson, Rachel., & Dawkins, M. Stamp. (1965). *Animal machines*. CABI.
- Hemsworth, P. H., & Barnett, J. L. (2001). The Importance of Animal Comfort for Animal Production in Intensive Grassland Systems. *Proceedings of the 19th International Grassland Congress, Sao Paulo, Brazil*, 425–433. <https://uknowledge.uky.edu/igc/19/10/4/>
- Hulbert, L. E., & Moisés, S. J. (2016). Stress, immunity, and the management of calves. *Journal of Dairy Science*, *99*(4), 3199–3216. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10198>
- Hyland, P. (2012, February). Scouring calves in the dairy herd. *Irish Farmers Monthly*, 26–29. www.irishfarmersmonthly.com
- Islam, M. A., Lomax, S., Doughty, A., Islam, M. R., Jay, O., Thomson, P., & Clark, C. (2021). Automated Monitoring of Cattle Heat Stress and Its Mitigation. In

- Frontiers in Animal Science* (Vol. 2). Frontiers Media SA.
<https://doi.org/10.3389/fanim.2021.737213>
- Jordan, E., Dement, A. I., & Faries Jr., F. C. (2016). *Biosecurity Practices For Dairy Operations*.
<https://texashelp.tamu.edu/wp-content/uploads/2016/02/Biosecurity-Practices-For-Dairy-Operations.pdf>
- Jurkovich, V., Hejel, P., & Kovács, L. (2024). A Review of the Effects of Stress on Dairy Cattle Behaviour. In *Animals* (Vol. 14, Number 14). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ani14142038>
- Kaba, T., Abera, B., & Kassa, T. (2018). Esophageal groove dysfunction: A cause of ruminal bloat in newborn calves. *BMC Veterinary Research*, 14(1).
<https://doi.org/10.1186/s12917-018-1573-2>
- Keeling, L. J., Rushen, J., & Duncan, I. J. H. (2018). Understanding Animal Welfare. In M. C. Appleby, A. Olsson, & F. Galindo (Eds.), *Animal Welfare* (3rd. ed., p. 431). CABI.
<https://books.google.com.mx/books?id=vqOHnQAACAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Kikuchi, R., Roberto da Costa, R. P., & Kanoun-Boulé, M. (2016). An Integrative Approach to Realizing Animal Welfare - Ethics, Environment and Science. In J. Weaver (Ed.), *Animal welfare: Assessment, challenges and improvement strategies* (2). Nova Science Publishers.
- Klein, B. G. (2014). *Cunningham- Fisiología veterinaria* (P. I. Lorenzo-González, M. Álvarez-Arias, M. Blanco-Gutiérrez, G. Costa-Buitrago, R. García-García, E. Gómez-Lucia Duato, A. García-Pascual, A. González-Gil, A. Labadía-Mazuecos, L. Revuelta-Rueda, R. Picaso-González, D. Triguero-Robles, & P. García-Rebollar, Eds.; Quinta ed.). Elsevier España.
- Koknaroglu, H., & Akunal, T. (2013). Animal welfare: An animal science approach. *Meat Science*, 95(4), 821–827. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.030>
- Koralesky, K. E., Dyck, T., Kuo, C., von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2025). Social housing for dairy calves: Farmer acceptance of Canadian industry-led requirements. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26881>
- Lancaster, P. A., & Larson, R. L. (2022). Evaluation of Strategies to Improve the Environmental and Economic Sustainability of Cow–Calf Production Systems. *Animals*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/ani12030385>
- Läpple, D., & Arpinon, T. (2024). Irish farmers' engagement with dairy calf welfare: an exploratory analysis. *Q Open*, (1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/qopen/qoae004>

- Lasley, P. (2011). Importance of Cattle to Conservation and Community. In *Iowa State University* (p. 23). <https://www.iowabeefcenter.org/proceedings/CattleImportance0111.pdf>
- Lawrence, A. B., Vigors, B., & Sandøe, P. (2019). What is so positive about positive animal welfare?—A critical review of the literature. In *Animals* (Vol. 9, Number 10). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ani9100783>
- Majlesi, A., Yasini, S. P., Azimpour, S., & Mottaghian, P. (2021). Evaluation of oxidative and antioxidant status in dairy calves before and after weaning. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 24(2), 184–190. <https://doi.org/10.15547/bjvm.2270>
- Mandel, R., Whay, H. R., Klement, E., & Nicol, C. J. (2016). Invited review: Environmental enrichment of dairy cows and calves in indoor housing. *Journal of Dairy Science*, 99(3), 1695–1715. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9875>
- Martínez, V. R., Valente, Á. de J. B., Estrada, U. V. P., Lagarda, J. L. V., González, B. H., & Saguilán, P. C. (2023). A comprehensive case study on the sustainability of tropical dairy cattle farming in Oaxaca, Mexico. *Ciencia Rural*, 53(11). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210026>
- Mattioli, G. A., Rosa, D. E., Turic, E., Picco, S. J., Raggio, S. J., Minervino, A. H. H., & Fazzio, L. E. (2020). Effects of parenteral supplementation with minerals and vitamins on oxidative stress and humoral immune response of weaning calves. *Animals*, 10(8), 1–9. <https://doi.org/10.3390/ani10081298>
- McFarland, D. S., McFarland, L. M., Shaw, D. J., & Macrae, A. I. (2024). Calf Management: Individual or Paired Housing Affects Dairy Calf Health and Welfare. *Animals*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/ani14111540>
- Medina-Guerra, E., Carranza-de Mendoza, O. J., Bermúdez-Cruz, N., Espinoza-Rodezno, L. A., Urías, C., Figueroa-Quiñonez, L., & Rodas-Suazo, R. (2016). *Manual de buenas prácticas pecuarias en bovinos, porcinos y aves*. <https://www.oirsa.org/contenido/biblioteca/Manual%20de%20buenas%20pr%C3%A1cticas%20pecuarias%20en%20bovinos,%20porcinos%20y%20aves.pdf>
- Mellor, D. J. (2017). Operational details of the five domains model and its key applications to the assessment and management of animal welfare. In *Animals* (Vol. 7, Number 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ani7080060>
- Mellor, D. J., Beausoleil, N. J., Littlewood, K. E., McLean, A. N., McGreevy, P. D., Jones, B., & Wilkins, C. (2020). The 2020 five domains model: Including human–animal interactions in assessments of animal welfare. In *Animals* (Vol. 10, Number 10, pp. 1–24). Well Being International. <https://doi.org/10.3390/ani10101870>

- Mellor, D. J., & Reid, C. S. W. (1994). *WellBeing International WellBeing International WBI Studies Repository WBI Studies Repository*. <https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/exprawl>
- Michelsen, A. M., Dam-Otten, N., Vestergaard, M., Rosenbaum-Nielsen, L., Højlund-Nielsen, B., Laessøe-Martin, H., Cation, N., & Bisgaard-Petersen, M. (2025). *Evaluation of passive immunity transfer in Danish dairy calves measured by enzymelinked immunosorbent assay and Brix refractometer* (Vol. 25, Number 67). *Acta Veterinaria Scandinavica*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s13028-025-00801-0>
- Miller, J. K., & Brzezinska-Slebodzinska, E. (1993). Oxidative Stress, Antioxidants, and Animal Function. *Journal of Dairy Science*, *76*, 2812–2823.
- Murphy, R. G. L., Pendell, D. L., Morris, D. L., Scanga, J. A., Belk, K. E., & Smith, G. C. (2008). REVIEW: Animal Identification Systems in North America. *The Professional Animal Scientist*, (24), 277–286. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30857-3](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30857-3)
- Nava-Cruz, A., Flores-Salas, J., Torres-Rodríguez, E., Arellano-Rodríguez, F., Robles-Trillo, P., Alvarado-Espino, A., & Delgado-González, R. (2024). Comparación del uso del refractómetro Brix y calostrometro para estimar la calidad del calostro en vacas lecheras. *Abanico Veterinario*, *15*. <https://doi.org/10.21929/abavet2024.5>
- Neves, L. F. M., Gomes, M. B., Campolina, J. P., Campos, M. M., Souza, E. M. B., Diavão, J., Silva, A. S., Tomich, T. R., Carvalho, W. A., Lage, H. F., & Coelho, S. G. (2025). Impact of Heat Stress on Intake, Performance, Digestibility, and Health of Neonatal Dairy Calves. *Animals*, *15*(13). <https://doi.org/10.3390/ani15131876>
- Noordhuizen, J. (2021). Biosecurity Protocols A Dairy Farm Management Tool for Protecting Calves Health. *Approaches in Poultry, Dairy & Veterinary Sciences*, *8*(2). <https://doi.org/10.31031/apdv.2021.08.000684>
- OCETIF. (2022). *Certificación de Buenas Prácticas Pecuarias*. OCETIF. <https://www.ocetif.org/certificacion-bpp>
- Ochoa-Blanco, M. A. (2005). *Unidad 3. Zootecnia de Bovinos Productores de Leche*. https://fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_3_bovinosleche.pdf
- OIE World Organisation for Animal Health. (2019). Bienestar Animal y Sistemas De Producción De Ganado Vacuno De Leche. In OIE World Organisation for Animal Health (Ed.), *Código Sanitario para los Animales Terrestres* (28°, pp. 1–14). https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/chapitre_aw_dairy_cattle.pdf

- Olcazk, K., Penar, W., Nowicki, J., Magiera, A., & Klocek, C. (2023). The Role of Sound in Livestock Farming- Selected Aspects. *Animals*, 2307(13), 01–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ani13142307>
- Peña-Revuelta, B., Ávila Cisneros, R., González Ávalos, José., Preciado Rangel, P., Guillén Muñoz, J., & González Ávalos, R. (2024). Efecto estacional de la calidad del calostro y el peso de la cría en la transferencia de inmunidad pasiva en becerros bovinos. *Abanico Veterinario*, 15. <https://doi.org/10.21929/abavet2024.6>
- Perkins, D. (1969). Fauna of Catal Huyuk: Evidence for Early Cattle Domestication in Anatolia. *Science*, 3876(164), 177–179. <https://doi.org/10.1126/science.164.3876.177>
- Phipps, A. J., Beggs, D. S., Murray, A. J., Mansell, P. D., & Pyman, M. F. (2018). A survey of northern Victorian dairy farmers to investigate dairy calf management: colostrum feeding and management. *Australian Veterinary Journal*, 96(4), 101–106. <https://doi.org/10.1111/avj.12683>
- Rebecca Doyle & John Moran. (2015). *Cow Talk: Understanding Dairy Cow Behaviour to Improve Their Welfare on Asian Farms*. (A. Findlay, Ed.). CSIRO PUBLISHING.
- Reimert, I., Webb, L. E., van Marwijk, M. A., & Bolhuis, J. E. (2023). Review: Towards an integrated concept of animal welfare. In *Animal* (Vol. 17). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100838>
- Robinson, J. D., Stott, G. H., & Denise, S. K. (1988). Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *Journal of Dairy Science*, 71, 1283–1287. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79684-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79684-8)
- Rocha-Valdez, J., González-Ávalos, R., Ávila-Cisneros, R., Peña-Revuelta, B., & Reyes-Romero, A. (2019). Impacto económico de la mortalidad y morbilidad por enfermedades en becerras lecheras. *Abanico Veterinario*, 9, 1–7. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.920>
- Rodríguez F., M., & Figueroa, M. E. (2012). Contexto socioeconómico del sector porcino en Argentina. Enfoque para la implementación de buenas prácticas. In *Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar* (1era edición, pp. 20–34). www.fao.org
- SADER. (2016, June 6). *Buenas prácticas en el campo, desarrollo y seguridad*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/las-buenas-practicas-en-el-campo-desarrollo-y-seguridad#:~:text=El%20prop%C3%B3sito%20de%20las%20Buenas,as%C3%AD%20como%20el%20medio%20ambiente.>

- Sanderson, M. (2009). Biosecurity for Cow-Calf Enterprises. *Current Veterinary Therapy: Food Animal Practice*, 9, 594–599. <https://doi.org/10.1016/B978-141603591-6.10113-7>
- Santman-Berends, I. M. G. A., Schukken, Y. H., & van Schaik, G. (2019). Quantifying calf mortality on dairy farms: Challenges and solutions. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 6404–6417. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16381>
- Sarubbi, J., Mota-Rojas, D., Mora-Medina, P., Yañez-Pizaña, A. S., Islas-Fabila, P., & Roldan-Santiago, P. (2018, July 31). La termorregulación y el bienestar del neonato. *BM Editores*.
- Segerkvist, K. A., Hansson, H., Sonesson, U., & Gunnarsson, S. (2020). Research on environmental, economic, and social sustainability in dairy farming: A systematic mapping of current literature. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Number 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/SU12145502>
- SENASICA. (2019). *Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en Unidades de Producción de Leche Bovina* (Number 2° edición, p. 208). Gobierno de México. www.gob.mx/senasica
- SENASICA. (2021). *Trazabilidad ¿De dónde viene y a dónde va?* <https://www.gob.mx/senasica/articulos/trazabilidad-de-donde-viene-y-a-donde-va>
- SENASICA. (2024). *Identificación Animal*. <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/identificacion-animal-353020>
- SENASICA-SAGARPA. (2018). *Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en Unidades de Producción de Leche Bovina* (2nd ed.). SENASICA-SAGARPA. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/316615/MANUAL_DE_BUENAS_PR_CTICAS_PECUARIAS_EN_UNIDADES_DE_PRODUCCI_N_DE_LECHE_....pdf
- Sherwin, G., & Down, P. (2018). Calf immunology and the role of vaccinations in dairy calves. *In Practice*, 40(3), 102–114. <https://doi.org/10.1136/inp.k952>
- SIAP. (2017, April 19). *Becerras bien cuidadas para ordeñar ganancias*. <https://www.gob.mx/agricultura%7Cdgsiap/es/articulos/becerras-bien-cuidadas-para-ordenar-ganancias>
- Silva Salas, M. Á., Cardona, M. G. T., Pérez, L. B., Peralta Ortiz, J. J. G., & Del Rosario Jiménez-Badillo, M. (2017). Evaluación de bienestar de vacas lecheras en sistema de producción a pequeña escala aplicando el protocolo propuesto por Welfare Quality®. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 8(1), 53–60. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4306>
- Stokes, J. E., Rowe, E., Mullan, S., Pritchard, J. C., Horler, R., Haskell, M. J., Dwyer, C. M., & Main, D. C. J. (2022). A “Good Life” for Dairy Cattle: Developing and

- Piloting a Framework for Assessing Positive Welfare Opportunities Based on Scientific Evidence and Farmer Expertise. *Animals*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/ani12192540>
- Swan, E. (2024, February). Successful Rearing from Birth to Weaning. *IRISH FARMERS MONTHLY*, 44–48. <https://research.ebsco.com/c/dpruvf/search/details/a7ngqeqr5r?limiters=FT%3AY&q=SUCCESSFUL%20REARING%20FROM%20BIRTH%20TO%20WEANING>
- The Jeanne Marchig International Centre for Animal Welfare Education. (2023). *Understanding the Five Domains model of Animal Welfare*. <https://vet.ed.ac.uk/sites/default/files/2024-09/5%20Domains%20Model.pdf>
- Toledo, A. F., Silva, A. P., Barbosa, F. V. L., Barboza, R. D. F., Oliveira, I. C. R., Marino, E. D., Polizel, D. M., & Bittar, C. M. M. (2024). Forage sources in total mixed rations on rumen fermentation, gut fill, and development of the gastrointestinal tract of dairy calves. *Scientific Reports*, 14(1), 30762. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80271-y>
- Tulbaev, P. T. (1974). *Factors controlling the function of the oesophageal groove in ruminants*. <https://www.Cabidigitallibrary.Org/Doi/Full/10.5555/19741417217>.
- Turk, D. S. (2007). *Biological Summary of Cattle*. Michigan State University College of Law. [https://www.animallaw.info/article/biological-summary-cattle#:~:text=Cattle%2C commonly referred to as,members of the Bovidae family.&text=A cow's digestive system allows,categorize cows as "ruminants."](https://www.animallaw.info/article/biological-summary-cattle#:~:text=Cattle%2C commonly referred to as,members of the Bovidae family.&text=A cow's digestive system allows,categorize cows as)
- Unión Ganadera Regional de Jalisco. (2025). *Instalaciones para novillas lecheras de reemplazo*. <https://www.ugrj.org.mx>
- Van Saun, R. J. (2022, July 22). *Alimentación de las terneras jóvenes de razas lecheras*. Manual de MSD Manual de Veterinaria.
- Vasseur, E., Pellerin, D., & Rushen, J. (2012). Assessing the welfare of dairy calves: outcome-based measures of calf health versus input-based measures of the use of risky management practices. *Animal Welfare*, (21), 77–86. <https://doi.org/https://doi.org/10.7120/096272812799129439>
- Wang, J., Li, J., Wang, F., Xiao, J., Wang, Y., Yang, H., Li, S., & Cao, Z. (2020). Heat stress on calves and heifers: A review. In *Journal of Animal Science and Biotechnology* (Vol. 11, Number 1). BioMed Central. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00485-8>
- Welfare Quality®. (2009). *Welfare Quality® assessment protocol for cattle*. http://www.welfarequalitynetwork.net/media/1088/cattle_protocol_without_veal_calves.pdf

- Welk, A., Neave, H. W., Spitzer, H. B., von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2022). Effects of intake-based weaning and forage type on feeding behavior and growth of dairy calves fed by automated feeders. *Journal of Dairy Science*, *105*(11), 9119–9136. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21468>
- Zumbado Gutiérrez, L., & Romero Zuñiga, J. J. (2016). Conceptos sobre inocuidad en la producción primaria de la leche. *Revista Ciencias Veterinarias*, *33*(2), 51. <https://doi.org/10.15359/rcv.33-2.1>