

*Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam)*

**Especialización en gestión de la Producción Bovina de Carne en la Región Semiárida  
Central**

*RELACIÓN DE LA NUTRICIÓN CON EL BIENESTAR DEL GANADO  
BOVINO DE CARNE*

Revisión bibliográfica

Autor: Perdigués, Ramiro Guillermo

Director: Pagella, José Horacio

Fecha de entrega: 28 de Octubre de 2016

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos los docentes que participaron de este Posgrado y al Dr. Ricardo Moralejo como Director de la Especialización quien estuvo presente en todas las clases y moderó los debates que se sucedían al culminar los encuentros.

También quiero agradecer y destacar la función que llevo adelante el Dr. Horacio Pagella a quien considero una excelente persona y que gracias a su profesionalismo, seriedad, dedicación y esfuerzo hizo posible la presentación de esta tesina.

Ing. Agr. Ramiro Perdigués

# ÍNDICE

	Página
Resumen.	4
1- El bienestar y la nutrición de los animales como problemáticas zootécnicas.	5
2- Aspectos evolutivos del bovino.	8
3- Aspectos anatómicos y funcionales del aparato digestivo del bovino.	11
4- Ontogenia de la digestión en bovinos.	14
5- Conducta alimentaria del bovino.	16
6- Relación salud-nutrición y modulación dietaria del sistema inmunitario.	23
7- Problemas de bienestar de los bovinos asociados a la alimentación en pastoreo.	29
8- Problemas de bienestar de los bovinos asociados a la alimentación a corral.	32
9- Intensidad de producción y bienestar del bovino.	35
10- Estándares de alimentación y su consideración del bienestar animal.	38
11- Evaluación del bienestar del ganado y sus fundamentos.	41
12- Desarrollo de protocolos de evaluación del bienestar del ganado.	45
13- Medidas utilizadas en la evaluación del bienestar del ganado.	51
14- Indicadores de bienestar bovino relacionados con la nutrición.	58
15- Consideraciones finales.	63
Referencias bibliográficas.	67

**Resumen.**

En las últimas décadas, el bienestar animal ha ido adquiriendo un lugar importante en cuanto a su problematización en el ámbito de la Zootecnia. Como factor de alto impacto sobre el bienestar animal, la adecuada nutrición del ganado es, a la vez, un requerimiento fundamental de todo sistema pecuario rentable. Sin embargo, es poca la atención que se ha prestado a comprender la relación entre ambas variables que inciden en la respuesta animal. El objetivo de este trabajo de revisión fue realizar un estudio, de carácter descriptivo y exploratorio, sobre aspectos que incumben a la relación del bienestar del ganado bovino de carne con su nutrición. Para ello se recurrió a la búsqueda y análisis de fuentes documentales disponibles, como libros, publicaciones periódicas, informes técnicos y páginas de Internet. El énfasis del estudio se dirigió a entender cómo, en el sistema de producción ganadero, el factor nutricional se interrelaciona con las cinco necesidades animales, reconocidas internacionalmente, como bases de su bienestar. En el desarrollo de la revisión, se consideraron los siguientes ejes de discusión concernientes al animal bovino: (1) aspectos de su historia evolutiva, con énfasis en la co-evolución con plantas que han servido para su alimentación; (2) organización anatómica y funcional de su aparato digestivo; (3) patrones de su conducta ingestiva; (4) efecto de la nutrición sobre su salud (5) naturaleza del sistema de producción ganadero; (6) estándares de alimentación; (7) metodologías de evaluación del bienestar animal; y (8) reconocimiento de indicadores de índole nutricional para evaluar su bienestar. Se concluye que existe una necesidad de seguir avanzando en el conocimiento del tópico abordado, a los efectos de formular protocolos de buenas prácticas de alimentación del ganado, bajo un contexto fuertemente contemplativo del bienestar animal.

Palabras clave: bienestar animal; nutrición; bovinos; producción de carne.

## **1- El bienestar y la nutrición de los animales como problemáticas zootécnicas.**

Los animales rumiantes, entre ellos los bovinos, han estado muy cercanos al hombre desde el desarrollo temprano de la sociedad humana (Egan, 1984). Existen evidencias de que animales rumiantes habrían sido sometidos a la caza, por humanos, desde hace unos 750.000 años (Church, 1993). En la República Argentina, la producción de carne bovina es, no solo una de las principales fuentes económicas de la ganadería, sino también una actividad con fuerte impacto en lo que respecta a la cultura y tradición de las personas. En los sistemas de producción ganaderos, la nutrición animal es un factor fundamental determinando la respuesta productiva animal. El problema de la nutrición animal es de naturaleza compleja, ya que abarca factores tales como los inherentes al animal, los intrínsecos al alimento y los relacionados con la situación de alimentación. El manejo nutricional es clave para asegurar una elevada respuesta productiva ganadera pero, además, tiene implicancias en la optimización del estado de salud y bienestar de los animales. Uno de los requisitos fundamentales, de todo sistema ganadero rentable, es la nutrición adecuada de los rodeos que lo componen, constituyéndose en el factor de manejo con mayor impacto sobre el bienestar de los animales (Hogan y Phillips, 2008; FAO, 2013; Phillips, 2016).

En términos absolutos, el bienestar animal (BA) ha sido definido como el estado de óptima salud física y mental que el individuo experimenta al estar en armonía con su entorno medio-ambiental (Hughes, 1976). Según Broom (1986), el BA refiere al estado que ostenta un individuo como resultado de hacer frente a las condiciones de su entorno medio-ambiental. Esta última definición responde a un enfoque relativo, al igual que el marco conceptual abordado por Webster (2011), que refiere al BA como el estado tanto físico como mental del individuo, resultante del grado de satisfacción de las necesidades inherentes a sus vidas vegetativa y de relación, en las condiciones del entorno al que se expone. En los dos últimos ensayos conceptuales queda implícita la idea de que el BA es variable, pudiéndose categorizar desde muy pobre a muy bueno (Galindo Maldonado, 2008; Rossner *et al.*, 2010). Además, bajo los términos de dicha definición quedan involucradas respuestas animales de naturaleza fisiológica, conductual y emocional (King, 2003), erigiéndose como un concepto multidimensional (Stilwell, 2016) que descansa en los puntos de vista científico y ético (Whay, 2011). Por tal motivo, el problema del BA

requiere que sea tratado en el marco de evidencias científicas y disquisiciones éticas (Galindo Maldonado, 2008). En cuanto a lo científico, se recurre a la integración de elementos de diversas disciplinas zootécnicas como la anatomía, fisiología, nutrición, inmunología, etología y manejo de la crianza. En lo atinente a la ética, como rama de la filosofía que aborda la moral y las responsabilidades, los elementos utilizados como insumo provienen de la bioética como disciplina.

La preocupación por el BA es tan antigua como la ganadería, y la posible razón de ello sería que, desde un principio, los humanos necesitaron evitar alimentarse de la carne de animales enfermos, o que hubieran muerto por causas no vinculadas a la matanza por vía antrópica (Martínez *et al.*, 2016). Además, se sostiene que un buen BA habría sido la base del proceso de domesticación, ya que sin dicha condición los animales no podrían haber subsistido junto a los humanos (Price, 1984). Desde un punto de vista filosófico, la corriente actual de pensamiento del BA se diferencia de la que sustenta los derechos animales, como por ejemplo concluyeran Bousfield y Brown (2010). Desde la posición del BA se sostiene que los animales pueden ser utilizados para beneficio humano, pero procurando que reciban un tratamiento que les brinde buena calidad de vida y les evite sufrimientos innecesarios. En cambio, el movimiento que defiende los derechos animales, como actividad social proteccionista llevada a cabo por organizaciones, en general no gubernamentales, considera moralmente inadmisibles la apropiación de los animales para su explotación como recurso económico, basándose en la idea de que los animales tienen el derecho a desarrollar su vida libre de toda intervención humana.

El bienestar de los animales de producción, además de estar vinculado a una preocupación ética, necesita ser planteado como un desafío para conquistar y sostener mercados. Los países importadores de carne demandan cada vez mayor transparencia, seguridad y manejo con criterio bioético de dicho producto para consumo humano, por lo que el BA se convierte también en una herramienta comercial para aquellos productores que se preocupan por la calidad de vida de sus rodeos. El BA ha adquirido un rol de atributo diferenciador y de valor agregado en la comercialización de la carne bovina (Romero Peñuela *et al.*, 2011). En los últimos años, la comunidad científica se ha venido sensibilizando con respecto a este hecho, especialmente al haber aparecido exigencias de

los mercados consumidores acerca del tratamiento ético de los animales, dentro de la cadena de valor de productos pecuarios (Appleby *et al.*, 1992; Harper y Henson, 2001; Raineri *et al.*, 2012). Al mismo tiempo, el BA ha ido adquiriendo carácter de ciencia en sí mismo (Marchant-Forde, 2015), de la que debe impregnarse fuertemente la formación de los profesionales de la zootecnia (Schunemann de Aluja, 2011). Además de consideraciones de tipo ético, legal y de mercado, condiciones pobres de BA tienen consecuencias negativas sobre la sanidad y producción del ganado (Manteca, 2005), por lo que se ha instalado como una problemática de abordaje en el ámbito disciplinar de la zootecnia. Como producto de ello, recientemente han surgido propuestas de protocolos de buenas prácticas ganaderas. El principio que las gobierna se basa en la afirmación de que, mejorando las condiciones de vida de los animales en las explotaciones ganaderas, aumentará su productividad y se obtendrán, por consiguiente, mayores beneficios económicos, mientras al mismo tiempo se asegurará una mayor calidad y bioseguridad de los productos pecuarios, y la actividad se tornará más sustentable en el tiempo con referencia al uso racional de los recursos naturales (Durán y Gentile, 2007). En la actualidad, las interrelaciones entre la ciencia, la ética, los valores y la cultura, representan el eje principal de reflexión sobre las futuras políticas, en materia del bienestar del ganado, a nivel mundial (Vásquez Chaigneau, 2017).

El Consejo Británico de Bienestar del Ganado ha postulado (FAWC, 1993), como principios que subyacen al estado de buen BA, las necesidades básicas siguientes:

- Vida libre de condiciones crónicas de hambre y sed.
- Vida libre de disconfort corporal crónico.
- Vida libre de enfermedades, lesiones y dolores.
- Vida libre de miedos y angustias.
- Vida con libertad de expresar patrones de conducta normales para su especie.

Estos principios se han constituido en un marco de referencia para el abordaje de la evaluación del BA, siendo útiles para seleccionar indicadores que permitan su diagnóstico en los sistemas de producción ganaderos.

## 2- Aspectos evolutivos del bovino.

Los bovinos, mamíferos domésticos que incluyen a los grupos taurino o europeo (*Bos taurus*), y cebuino o índico (*Bos indicus*), considerados como especies separadas por algunos taxonomistas (Albright y Arave, 1997), son ungulados de hábito dietario herbívoro pertenecientes al orden *Artiodactyla* (extremidades con número par de dedos), suborden *Ruminantia* (adultos con función digestiva de rumia) y familia *Bovidae* (presencia de cuernos permanentes con médula osificada). Los fósiles más antiguos de bovinos se han encontrado en el norte de la India, y datan de unos 2 millones de años atrás (Albright y Arave, 1997). Al igual que ocurriera con otras especies animales, la domesticación del bovino fue un hecho asociado a la cultura humana del Neolítico (Vigne, 2011). Tanto el bovino taurino como el cebuino descenderían de dos poblaciones de uro (*Bos primigenius*), forma salvaje extinta desde el siglo XVII, que habrían quedado geográficamente aisladas unos 500.000 años atrás (Albright y Arave, 1997). Loftus *et al.* (1994) encontraron una amplia divergencia genética entre los bovinos taurinos y cebuinos, concluyendo que su domesticación fue producto de eventos independientes. Estos tuvieron lugar, según el relevamiento de McTavish *et al.* (2013), entre 7.000 a 10.000 años atrás, en regiones con epicentro en Turquía para *Bos taurus*, y en Paquistán para *Bos indicus*. La última especie es de domesticación más tardía que *Bos taurus* (Albright y Arave, 1997). La presión de selección ejercida por el hombre llevó a que los animales domésticos, y de manera notable los bovinos, presenten escasa estacionalidad en su apetito dietario y reproducción, a diferencia de sus antepasados salvajes que estaban fuertemente afectados por la fluctuación en la provisión de alimentos de ecosistemas naturales (Pratt *et al.*, 1986). De acuerdo a Price (1984), el proceso de selección antrópica de animales realizado bajo condición de aporte constante de nutrientes, determinó que la especie doméstica perdiera capacidad de variar su tasa metabólica a los fines de adaptarse a fluctuaciones estacionales en la provisión de recursos alimentarios.

Animales como los bovinos evolucionaron para hacer un uso eficiente de la energía solar acumulada en recursos alimentarios lignocelulósicos, a través de una simbiosis ideal representada por un macro-organismo y una microbiota que coloniza el tubo digestivo del primero (Pagella, 1998). El bovino actual es un animal con una conducta típica de pastoreo,

en cuanto a la obtención de su alimento natural, cuyo valor nutritivo puede tener un amplio rango de variación (Langer, 1988), considerando distintos estados fenológicos y partes aéreas de la planta. Para entender la carrera evolutiva del bovino, hay que remitirse a varios millones de años atrás y contemplar, al mismo tiempo, su co-evolución con plantas superiores como su fuente de alimento. De acuerdo a Dryden (2008), las adaptaciones que jugaron un rol importante en la evolución de animales como el bovino fueron: (1) mandíbulas y piezas dentarias facilitadoras de la aprehensión y procesamiento mecánico del alimento, (2) tubos digestivos con la inclusión de compartimientos dilatados que permitieran la separación y retención selectiva de componentes de la digesta, (3) enzimas endógenas para la digestión de principios dietarios, y (4) establecimiento de una relación simbiótica con una microbiota digestiva que aportara enzimas capaces de hidrolizar biopolímeros de la pared celular vegetal.

Los primeros animales consumidores de plantas habrían aparecido en la tierra unos 295 millones de años atrás (Sues y Reisz, 1998). El surgimiento del hábito dietario herbívoro, en la evolución de los animales terrestres, fue posterior al de los tipos carnívoro e insectívoro (Dryden, 2008). Tras la extinción de los dinosaurios, hace unos 65 millones de años atrás (Curtis *et al.*, 2007), la vegetación dominante de gimnospermas dejó paso a la expansión de plantas angiospermas (semilla protegida por fruto). Establecido el dominio de las angiospermas, durante la época geológica del Eoceno aparecen los primeros mamíferos rumiantes, alrededor de 40 millones de años atrás (Van Soest, 1994). La aparición de rumiantes de la familia de los bóvidos data de, al menos, 15 millones de años atrás (Bibi, 2013), mientras transcurría la época geológica del Mioceno, durante la cual el clima global se tornó más frío y seco, dando lugar a la expansión de plantas de la familia de las gramíneas (Van Soest, 1994). Estos mamíferos herbívoros habrían descendido de ancestros ramoneadores que se alimentaban en sitios de bosque tropical (Van Soest, 1994), que probablemente realizaban la utilización digestiva de la fibra vegetal por fermentación post-gástrica, a nivel del lumen del intestino grueso, adaptación considerada evolutivamente más temprana que la fermentación pre-gástrica (Langer, 1988).

Durante su evolución, el incremento de los rumiantes en número de especies coincidió con la radiación de las gramíneas (Church, 1993). Los rumiantes modernos, como

el bovino, co-evolucionaron con plantas de la familia *Gramineae* y herbáceas de la clase *Dicotyledoneae*, sobre regiones de praderas naturales, desarrollando el hábito pastoril de cosecha de fitomasa aérea (Van Soest, 1994). Ello llevó a que, en la dieta natural de este tipo de animales, abundaran polisacáridos estructurales de la pared celular vegetal, como son la celulosa, las hemicelulosas y las sustancias pécticas (Moore y Hatfield, 1994). Además, esas dietas pastoriles incluyeron la presencia de sílice, como constituyente natural de la biomasa aérea de gramíneas, así como partículas de suelo (Dryden, 2008). Esto último condujo a que, evolutivamente, animales como el bovino adquirieran piezas dentarias de tipo hipsodonte (Janis, 2008), caracterizadas por pre-molares y molares con coronas de gran desarrollo, adaptación que les permitió evitar el desgaste dentario prematuro al masticar sólidos ingeridos de elevado efecto abrasivo (Dryden, 2008).

La fibra dietaria, inclusiva de los polisacáridos estructurales de la pared celular vegetal, fue la fuerza impulsora para que los herbívoros pastoreadores, como los bovinos, desarrollaran una estrategia de utilización digestiva pre-gástrica del sustrato alimentario en su carrera evolutiva (Van Soest, 1994). Ello derivó en la aparición de pre-estómagos voluminosos en los rumiantes, otorgándoles la máxima complejidad anatómica del tubo digestivo entre los mamíferos herbívoros (Langer, 1988). En el interior de tales pre-estómagos, especialmente el rumen por ser el más voluminoso, la demora producida en el tránsito de digesta dio lugar a condiciones ideales para el establecimiento de una microbiota estable, con actividad degradativa sobre el sustrato dietario, otorgándole al animal la capacidad de ser muy eficiente en la utilización digestiva de la fibra vegetal (Van Soest, 1994). En herbívoros como los bovinos, la retención prolongada de la digesta en los pre-estómagos, brindando la oportunidad de permitir una degradación fermentativa eficiente del sustrato dietario, evolutivamente fue facilitada por incrementos en el tamaño corporal y la capacidad del tubo digestivo, y una disminución en la tasa metabólica por unidad de masa corporal (Stevens and Hume, 1995).

Entre las teorías que tratan de explicar la evolución de pre-estómagos en los rumiantes, se han tenido en cuenta aspectos funcionales como los siguientes (Langer, 1988): (1) detoxificación de compuestos secundarios o xenobióticos, como constituyentes de la biomasa aérea de plantas; (2) almacenamiento de alimento en el tubo digestivo,

mientras transcurre el pastoreo, para su re-masticación diferida al retirarse el animal a sitios protegidos para rumiar, evitando así encuentros con predadores. Van Soest (1994) ha indicado que los factores que llevaron a la evolución de la rumia son distintos a los que habrían provocado la aparición de los pre-estómagos. Evolutivamente, la rumia habría surgido unos 10 millones de años después que los pre-estómagos (Langer, 1994a), en tiempos del Plioceno, como una adaptación a dietas de valor nutritivo relativamente bajo (Phillips, 2002). Esto último coincidió con la aparición de las gramíneas, plantas que comparadas con las dicotiledóneas mostraran concentraciones menores de xenobióticos y mayores de pared celular, y a las que el animal respondió desarrollando una conducta ingestiva menos selectiva (Van Soest, 1994). Finalmente se puede concluir que, entre los animales herbívoros, los rumiantes representan el mayor grado de especialización anatómica y fisiológica que habilita a la utilización digestiva eficiente de la fibra vegetal (Stritzler *et al.*, 2011).

### **3- Aspectos anatómicos y funcionales del aparato digestivo del bovino.**

El aparato digestivo del rumiante ha sido considerado, en términos anatómicos y funcionales, como la organización más avanzada y exitosa para sostener el hábito dietario herbívoro en los animales (Hume, 1984). Al igual que otros animales rumiantes, el bovino cuenta con adaptaciones anatómicas y fisiológicas que le permiten obtener energía, para la nutrición de su organismo, sobre la base de la utilización digestiva de la fibra vegetal como sustrato dietario natural. El aparato digestivo del rumiante se destaca por poseer una estructura compleja de tres pre-estómagos, denominados retículo, rumen y omaso, cuyo lumen se constituye en el hábitat natural donde residen microorganismos con un rol activo en el proceso de digestión del sustrato dietario. Embriológicamente, tales pre-estómagos derivan de la porción aglandular del estómago (Relling y Mattioli, 2002). El retículo es el pre-estómago ubicado más a craneal en la cavidad abdominal y, hacia caudal, solo un pliegue que surge desde ventral lo separa parcialmente del rumen. Por dicha razón, ambos pre-estómagos se denominan conjuntamente como retículo-rumen (Arias, 1982), considerando que comparten contenido de digesta y funcionan integradamente.

Para una utilización digestiva eficiente de la pared celular vegetal, los rumiantes cuentan con pre-estómagos voluminosos, en los que las partículas dietarias son retenidas por más tiempo que los fluidos (Huhtanen *et al.*, 2006). De la capacidad total del tubo digestivo del bovino adulto, algo más de la mitad la comprenden los pre-estómagos y, del volumen total que suman ellos, alrededor de un 90% le corresponde al rumen (Arias, 1982). El retículo-rumen funciona como un sistema de retención selectiva de partículas dietarias que, mediante un tiempo de retención relativamente prolongado de las mismas, brinda la oportunidad de utilización digestiva de la pared celular vegetal (Huhtanen *et al.*, 2006), pero al mismo tiempo puede restringir la respuesta animal de consumo dietario (Forbes, 1995). Como resultado de ello, la mayor proporción de pared celular vegetal digerida es observada en los pre-estómagos (Huhtanen *et al.*, 2006).

Por su hábito dietario herbívoro, animales como los bovinos son altamente dependientes de la digestión de tipo “aloenzimática” (Langer, 1988), llevada a cabo por microorganismos que residen de manera estable en cavidades voluminosas del tubo digestivo, tanto a nivel de pre-estómagos como de intestino grueso. La microbiota del retículo-rumen totaliza una masa de, aproximadamente, un 5% de la materia seca de su contenido (Wolin, 1979). Está compuesta por bacterias, hongos y protozoarios, en su mayoría de régimen metabólico anaeróbico estricto (Ørskov y Ryle, 1990), conformando comunidades mayormente especializadas en la hidrólisis de biopolímeros dietarios y la fermentación de los monómeros que de ello resulta (Firkins y Yu, 2006). La digestión aloenzimática se distingue por dar lugar a la hidrólisis de enlaces glicosídicos entre monómeros que componen los polisacáridos estructurales de la pared celular vegetal (Langer, 1994b), lo cual no es posible mediante la acción de enzimas propias del animal, o digestión “autoenzimática” (Langer, 1988). Esto le confiere la capacidad, al rumiante, de utilizar polisacáridos estructurales como fuente de energía metabolizable (Marengo y Martínez, 2004), contenida en los productos de fermentación absorbidos, como son los ácidos grasos de cadena corta resultantes de la digestión aloenzimática. Otras ventajas adaptativas de la digestión aloenzimática, a nivel de pre-estómagos, se relacionan con la utilización de compuestos nitrogenados no proteicos para la síntesis de proteína microbiana, la biosíntesis de vitaminas B y K por la microbiota y la detoxificación de compuestos

secundarios de las plantas (Hume, 1984). Además, la microbiota que reside de manera estable en el tubo digestivo puede aportar a la salud del animal hospedante, al inhibir por competencia la actividad de eventuales organismos patógenos, y estimular mecanismos inmunitarios en las mucosas (Stevens y Hume, 1995).

En mamíferos como el bovino, caracterizados por poseer digestión aloenzimática pre-gástrica, existe una estructura anatómica de funcionalidad temporaria que recorre el interior de los pre-estómagos, denominada gotera esofágica, con capacidad de transformarse en un tubo al plegarse los labios longitudinales que se ubican en sus bordes. La funcionalidad de dicha estructura adquiere importancia en la etapa de ternero lactante. Cuando el animal, mediante succión oral, ingiere un fluido como es la leche, se produce un estímulo oro-faríngeo que genera el acto reflejo de plegado de los labios de la gotera esofágica (Ørskov, 1992), adoptando de ese modo una configuración tubular. Para la efectividad del mecanismo de cierre de la gotera esofágica, la cabeza del ternero debe adoptar una postura horizontal (Phillips, 2002). En tal condición, el líquido ingerido es conducido directamente desde el esófago hacia la región proximal del estómago glandular o abomaso (Relling y Mattioli, 2002), evitándose así su degradación microbiana al no tomar contacto con el contenido de los pre-estómagos (Langer, 1994b).

Con la incorporación de alimento sólido a su dieta, el ternero comienza a transitar su etapa hacia la funcionalidad digestiva de rumiante, y con ello el retículo-rumen va adquiriendo un patrón de motilidad normal que conduce a la rumia. Esta última función, que exhiben tanto los rumiantes como los camélidos (Langer, 1988), se constituye en una adaptación muy importante para la digestión del alimento natural de tales animales. En primer lugar, la masticación de digesta regurgitada desde el retículo-rumen disminuye su tamaño de partícula, facilitando la desaparición ruminal del sustrato dietario por los procesos de digestión y pasaje (Stritzler *et al.*, 2011). En herbívoros de gran tamaño como el bovino, la rumia es considerada la estrategia digestiva más exitosa para alcanzar un grado elevado de reducción del tamaño de partículas de digesta (Fritz *et al.*, 2009), permitiendo su tránsito de abandono a través del orificio retículo-omasal. La masticación de rumia es responsable por un 70 al 75 % de la reducción del tamaño de partícula del forraje ingerido (McLeod y Minson 1988). Por otro lado, en asociación con la actividad

masticatoria de rumia, se produce un flujo importante de saliva al retículo-rumen, secreción que contribuye a mantener el pH del contenido ruminal en un rango de valores compatible con la actividad normal de la microbiota, al aportar sales con poder buffer.

#### **4- Ontogenia de la digestión en bovinos.**

Durante su ontogenia, el animal bovino transita un período de transición, en términos digestivos y nutricionales, durante el cual la dieta líquida de lactante va siendo reemplazada por alimento sólido. En el transcurso de tal período va perdiendo importancia el proceso de digestión autoenzimática de los constituyentes de la leche, o sustituto lácteo, al mismo tiempo que se va intensificando la utilización digestiva aloenzimática de componentes de la dieta ricos en pared celular vegetal (Langer, 1994*b*). Ello tiene implicado, en el desarrollo del ternero, cambios que se orientan hacia la adquisición plena de la funcionalidad digestiva de animal rumiante. En tal sentido, los pre-estómagos experimentarán modificaciones anatómicas y funcionales, siendo ellas las siguientes (Relling y Mattioli, 2002): (1) incremento en masa y volumen; (2) adquisición de una microbiota que llevará a cabo la digestión aloenzimática del sustrato dietario en su lumen; (3) desarrollo del arreglo anatómico característico de sus mucosas; (4) adquisición de la capacidad de absorción por las papilas de sus mucosas; (5) adquisición de patrones normales de motilidad para los procesos digestivos.

En el transcurso de sus dos primeras semanas de vida al pie de la madre, el ternero neonato depende exclusivamente del suministro de leche para su alimentación, siendo importante la funcionalidad de la gotera esofágica para la adecuada utilización digestiva de los principios nutritivos lácteos. La capacidad del ternero de absorber inmunoglobulinas de la leche calostrada, a nivel de su intestino delgado, disminuye abruptamente hacia su segundo día de vida, por lo cual resulta vital el consumo de suficiente calostro inmediatamente al nacimiento (Relling y Mattioli, 2002), como evento importante para su salud. La dieta láctea es eficiente para promover un buen crecimiento inicial del ternero, pero ella no prepara a su tubo digestivo para la utilización futura de alimentos sólidos (Yáñez-Ruiz *et al.*, 2015). Pasadas sus dos semanas de edad, el ternero comienza a incluir voluntariamente alimento sólido en su dieta (Ørskov, 1987). De este modo da comienzo un período de

transición en la nutrición del ternero, durante el cual ocurrirá una reducción gradual de la dieta láctea, aumentando simultáneamente la ingestión de alimento sólido. Ello conducirá al desarrollo anatómico y funcional de los pre-estómagos, así como a la disminución progresiva de los valores de glucemia, al mismo tiempo que las concentraciones sanguíneas de ácidos grasos de cadena corta aumentan (Relling y Mattioli, 2002).

En la transición de dieta líquida de lactancia al hábito herbívoro de alimentación, la fibra vegetal como sustrato dietario, el establecimiento de la microbiota en los pre-estómagos y la consiguiente producción fermentativa de ácidos grasos de cadena corta, resultan clave para promover el desarrollo anatómico y funcional de los pre-estómagos del rumiante (Van Soest, 1994). Entre las modificaciones anatómicas más notables, se observan cambios de tamaño relativo de los compartimientos estomacales. Con relación al total del complejo estomacal, el tamaño del rumen se incrementa de 25 a un 80 % entre los estados de animal neonato y adulto, mientras que el abomaso disminuye de 60 a un 8 %. La ingestión de alimentos sólidos lignocelulósicos, por parte del animal lactante, se constituye en un estímulo físico importante para el aumento del tamaño de los pre-estómagos y el desarrollo muscular de sus paredes (Lyford, 1993; Ruckebusch, 1993). Por otro lado, además de su aporte nutricional de energía como sustrato en la digestión aloenzimática, la fibra vegetal se constituye en una necesidad específica para el funcionamiento normal de los pre-estómagos del rumiante. El consumo de una cantidad adecuada de fibra vegetal, en partículas dietarias de longitud mayor a 1 cm, es indispensable para que se estimule el ciclo de motilidad retículo-ruminal que conduce a la rumia (Welch y Hooper, 1993). Entre sus 3 a 4 semanas de edad, el ternero puede comenzar a exhibir actividad de rumia (Pereyra y Leiras, 1991). En cuanto a los cambios morfológicos de la túnica mucosa de los pre-estómagos, se observa un gran desarrollo de las celdas del retículo, las papilas foliáceas del rumen y las láminas del omaso, las cuales son muy rudimentarias en el animal neonato (Van Lier y Regueiro, 2008). Los ácidos grasos de cadena corta, producidos por digestión aloenzimática, son potentes estimuladores químicos de la irrigación sanguínea de las paredes de los pre-estómagos (Hofmann, 1993) y, además, promueven el crecimiento de sus papilas y la adquisición de su función de absorción (Ruckebusch, 1993).

En la adquisición de la funcionalidad digestiva del rumiante, el establecimiento de la microbiota anaeróbica en el lumen del retículo-rumen, y el consiguiente comienzo de la actividad de digestión aloenzimática pre-gástrica, es de crucial importancia. Durante los primeros días posteriores a su nacimiento, el lumen de los pre-estómagos del rumiante es colonizado por una variedad de bacterias aeróbicas, que allí consumirán oxígeno contribuyendo a generar condiciones adecuadas para el establecimiento posterior de microorganismos anaeróbicos estrictos (Stewart *et al.*, 1988). Luego, la microflora ruminal anaeróbica se establecerá en los pre-estómagos del rumiante joven, mediante la ingestión de alimento o agua de bebida contaminados con bacterias y hongos regurgitados o defecados por animales adultos (Leek, 1993). También, ello puede suceder por transferencia de saliva desde un animal adulto, que es la única vía por la cual se produce la colonización del retículo-rumen de animales jóvenes por protozoarios anaeróbicos (Stewart *et al.*, 1988). La esencialidad de la microbiota ruminal queda evidenciada por el hecho de que su biomasa generada, y su producción de ácidos grasos de cadena corta por metabolismo fermentativo, constituyen el aporte básico de proteína y energía metabolizables en la nutrición del rumiante, respectivamente (Hobson y Wallace, 1982). Culminada su etapa de lactante, el rumiante dependerá de la proteína microbiana que abandona el retículo-rumen, como fuente principal de aminoácidos para su nutrición (Ørskov, 1987).

En definitiva, durante su etapa de crecimiento temprano, el ternero deberá experimentar una sustitución gradual de la ingesta de leche, por una dieta sólida que contenga adecuados niveles de valor nutritivo y fibra vegetal como estímulo físico, a los efectos de evitar que el destete se constituya en un evento que afecte su salud y ulterior desarrollo (Klein *et al.*, 1987). Al producirse su destete en los sistemas de cría, convencionalmente entre los 4 y 6 meses de edad, el ternero habrá alcanzado el estado de rumiante funcional, con un desarrollo de sus pre-estómagos que alcanza la proporción de madurez (Ørskov, 1987).

## **5- Conducta alimentaria del bovino.**

La generación de adaptaciones que permitieran el aprovechamiento estratégico de la fuente de alimento disponible, fue de crucial importancia en el camino evolutivo de los

animales (Albright y Arave, 1997). Entre ellas, las adaptaciones filogenéticas de la conducta alimentaria han permitido que ciertos genotipos animales prosperaran, con los recursos alimentarios presentes en determinado hábitat (Canario *et al.*, 2013). Para el animal, una conducta representa su reacción a estímulos que surgen de su percepción del medio interno corporal, y de las condiciones del ambiente externo al que se expone (Phillips, 2002). En la captación de tales estímulos intervienen receptores viscerales y células sensoriales de los órganos de los sentidos. La causalidad de cada conducta encuentra su explicación en determinado tipo de motivación que, como proceso corporal interno adaptativo, impulsa al animal a desplegar una acción conducente al alcance de objetivos que incrementan su probabilidad de supervivencia (Palmero, 2005). La motivación sobre la que descansa determinada conducta resulta de la interacción de factores fisiológicos, cognitivos y emocionales del animal, con otros asociados al ambiente externo (Petri, 2012). Bajo el marco del proceso motivacional descrito, la conducta alimentaria del animal se canaliza a través de acciones voluntarias de adquisición y procesamiento digestivo del sustrato dietario (Phillips, 2002). La observación de la conducta alimentaria resulta una herramienta útil cuando se intenta evaluar, cómo un animal percibe el alimento al cual se expone (FAO, 2012). Entre los factores que afectan a dicha conducta, se pueden mencionar condiciones meteorológicas, características de la fuente alimentaria y atributos animales tales como estado fisiológico, situación psicogénica y condición dentaria (Pereyra y Leiras, 1991; Albright y Arave, 1997).

En el problema de la alimentación de una determinada especie animal, no solamente es importante considerar la satisfacción de sus requerimientos nutricionales, sino también sus características etológicas (Broom y Fraser, 2015). La conducta alimentaria comprende un espectro de acciones entre las que se incluyen la búsqueda de alimento, la selección de dieta, la ingestión dietaria, la masticación y la rumia. Como ocurre con otros tipos de conducta animal, la alimentaria se encuentra bajo la influencia de elementos innatos genéticos, y de aquellos surgidos de experiencias de aprendizaje (Phillips, 2002). Conductas alimentarias de fuerte contenido instintivo o innato se pueden observar, en el animal neonato, cuando busca los pezones de la madre y succiona de ellos la leche que constituye su alimento natural (Moran y Doyle, 2015). En cuanto a las experiencias de

aprendizaje, ellas surgen de una motivación de adquirir información a través de la experiencia (Phillips, 2002). Éstas se pueden observar, por ejemplo, cuando animales jóvenes se exponen por primera vez al consumo de alimento concentrado energético en un comedero (Moran y Doyle, 2015), situación ante la cual exhiben una conducta exploratoria. Un escenario más complejo de interacción de factores, es el que subyace a la conducta de selección de dieta. Ésta representa una respuesta animal de aceptabilidad relativa de componentes en la dieta (Mertens, 1994), afectada por la accesibilidad a cada uno de ellos en la situación real de alimentación (Hodgson, 1990), a lo que se suma la influencia de características del alimento que provocan estímulos sensoriales, el estado fisiológico del animal y su memoria dietaria comprendida por elementos innatos y surgidos del aprendizaje (Forbes, 1995).

Las experiencias dietarias tempranas pueden afectar el desarrollo morfológico y funcional del individuo (Manteca *et al.*, 2008), inclusive desde su etapa embrionaria en el ambiente uterino (Provenza *et al.*, 2003). La adquisición de memoria dietaria, por aprendizaje, podría comenzar en el útero cuando el animal en estado fetal recibe, a través del torrente sanguíneo materno, sustancias que impactan sobre su sentido del gusto y cuyo origen se relaciona con el alimento ingerido por la madre (Nolte *et al.*, 1992). Posteriormente, durante su etapa de lactante, el animal tendría la capacidad de seguir aprendiendo sobre la dieta, a partir de la transferencia de principios dietarios con sabor contenidos en la leche materna ingerida (Nolte y Provenza, 1992). Más tarde, al comenzar a ingerir alimento sólido, el animal joven continúa aprendiendo observando las conductas alimentarias de congéneres adultos cercanos, como su madre, o experimentando por sí mismo por prueba y error (Forbes, 1995). Al enfrentarse a alimentos nuevos, el animal tiende a manifestar una conducta natural neofóbica, que implica una exploración cauta de la novedad dietaria (Moran y Doyle, 2015). La percepción de estímulos olfatorios, gustativos, táctiles y visuales, que emergen de características del alimento al que se expone el animal, juega un rol importante en la conducta de selección de dieta (Forbes, 1995).

En el transcurso del aprendizaje dietario, los animales pueden generar preferencias o aversiones por determinados tipos de alimentos (Nicol, 2011). Con relación a ello, el animal aprende a asociar las propiedades sensoriales del alimento, especialmente el sabor,

con las consecuencias metabólicas que desencadena su consumo, de lo cual pueden surgir preferencias o aversiones dietarias (Forbes, 1995). El sentido del gusto está altamente desarrollado en el bovino (Albright y Arave, 1997), teniendo un rol fundamental en la conducta de selección dietaria. En su condición de animal de presa, el bovino cuenta con un sentido agudo del olfato (Moran y Doyle, 2015), el cual se desarrolla promediando su vida fetal (Phillips, 2002). Su sentido de la visión es responsable de canalizar el 50 % de la información sensorial que surge del entorno al que se expone (Moran y Doyle, 2015), y le permite distinguir colores y formas (Phillips, 2002). Con relación al sentido del tacto, los receptores epiteliales de la boca del bovino son importantes en conductas exploratorias, mientras que el del oído está preparado para percibir sonidos de alta frecuencia (Moran y Doyle, 2015).

La conducta alimentaria puede verse afectada por ritmos diurnos y factores sociales. Por su temporalidad de cosecha de alimento, el bovino es un animal crepuscular, siendo mayor su actividad al amanecer y al atardecer (Albright y Arave, 1997), con un 85% de su actividad diaria de pastoreo concentrada durante el período luminoso. De 5 a 9 h es el tiempo normal que dedican diariamente los bovinos adultos a la cosecha de alimento, el que puede dividirse en 6 a 10 comidas, insumiendo su actividad de rumia un rango horario similar, además de incluir 1 a 4 eventos de toma de agua de bebida (Pereyra y Leiras, 1991). El tiempo diario de alimentación puede ajustarse, al igual que el dedicado a la actividad de rumia, al variar la calidad nutricional y disponibilidad del alimento (Albright y Arave, 1997). Si el tiempo de alimentación en pastoreo fuera superior a 9 h diarias, es muy probable que exista una restricción en la facilidad de cosecha de forraje por el animal (Forbes, 1995). En condiciones de tiempo caluroso, los bovinos aumentan el tiempo de pastoreo nocturno, incrementándose también el descanso alrededor del mediodía (Albright y Arave, 1997). En su estado natural, el bovino es un animal de presa y de conducta gregaria (Moran y Doyle, 2015), tendiendo a vivir en grupos grandes, cuyo tamaño está limitado por la disponibilidad espacial de alimento, y a conformar subgrupos con establecimiento de relaciones jerárquicas (Earley, 2011). Mientras pastorean, los bovinos se mantienen relativamente dispersos en el campo, pero tienden a estar más juntos al echarse sobre el suelo a descansar (Albright y Arave, 1997). Evolutivamente, la conducta de vida

en grupos contribuyó a disminuir los costos individuales de vigilancia y protección, ante la amenaza de los predadores (Nicol, 2011). Cuando los bovinos se alimentan en grupo, su consumo dietario individual tiende a ser mayor, debido a un efecto de facilitación social (Albright y Arave, 1997). La separación de los animales cuando son alimentados, lleva a que disminuya su consumo dietario, aun cuando el alimento esté disponible en forma continua (Broom y Fraser, 2015).

Como consecuencia de su co-evolución con las gramíneas, a través del pastoreo el bovino está preparado para cosechar cantidades abundantes de biomasa aérea vegetal, cercana al suelo, con relativamente poco esfuerzo de selección dietaria (Phillips, 2002). De acuerdo a Forbes (1995), la selección natural hizo que los animales desarrollaran la estrategia de compatibilizar el máximo consumo dietario con una minimización del tiempo de alimentación, costos energéticos y riesgos de caer bajo depredación. Aun cuando en la ingesta del bovino se puedan incluir componentes de la fase reproductiva de la planta, como son las semillas con reserva de almidón, cuya elevada concentración energética induciría al animal a exhibir una mayor preferencia por ellas al componer voluntariamente su dieta, su presupuesto energético resultaría muy elevado al direccionar la selección dietaria hacia tales componentes botánicos (Phillips, 2002). A igualdad de disponibilidad en condiciones pastoriles, el forraje de leguminosas es preferido por bovinos en mayor proporción que el de gramíneas, durante la mañana, mientras que lo inverso ocurre hacia el atardecer (Rutter, 2006). Lo último tendría su explicación en la conducta animal de acumular digesta con mayor concentración de fibra vegetal, en los pre-estómagos, como consecuencia del mayor consumo de forraje de gramíneas al atardecer, representando ello un estímulo para la actividad predominante de rumia que acontecerá durante la noche.

En la situación de pastoreo, el animal puede exhibir una adaptación conductual a variaciones en composición botánica y estrato de la pastura accesible a la cosecha (Nielsen *et al.*, 2016). En respuesta a tales factores, las modificaciones de selectividad dietaria que experimente el animal impactarán sobre las variables de conducta ingestiva en pastoreo (masa de bocado, tiempo de pastoreo y frecuencia de bocados), el valor nutritivo de la dieta y el nivel de consumo de forraje (Benvenuti y Cangiano, 2011). Mediante adaptaciones de su conducta ingestiva en pastoreo, el animal busca maximizar el valor nutritivo de su dieta

y/o su consumo diario de forraje (Cosgrove, 1987). Variaciones de biomasa aérea de la pastura por unidad de superficie, así como de estructura de la forrajimasa, provocan cambios en la conducta ingestiva de pastoreo y en la tasa de consumo de forraje por los animales (Benvenuti y Cangiano, 2011). Un incremento en la selectividad dietaria animal resulta, generalmente, en una reducción de la masa de bocado, al mismo tiempo que se deprime su tasa de consumo de forraje (Laca *et al.*, 2001). La tasa de consumo de forraje es función de la masa de bocado y del tiempo de generación del bocado, dependiendo este último de cuánto demora el animal en explorar la pastura, aprehender, cortar y masticar el material vegetal, y deglutir el bolo alimenticio (Benvenuti y Cangiano, 2011). Ante reducciones en la masa de bocado durante el pastoreo, el animal responde con la conducta compensatoria de aumentar su tiempo dedicado a la cosecha de alimento y la frecuencia de toma de bocados, de manera de evitar que su consumo dietario se reduzca (Phillips, 2002). La masa de bocado es la variable de conducta ingestiva en pastoreo más sensible a cambios en forrajimasa por unidad de superficie, altura de la forrajimasa y densidad de biomasa aérea (Benvenuti y Cangiano, 2011). En pastoreo, los bovinos prefieren cubiertas forrajeras de mayor altura, ya que tal condición les requiere menor esfuerzo para la toma de bocados (Baumont *et al.*, 2000). En resumen, la masa de bocado y la tasa de consumo dietario, que exhiban los animales, estarán condicionados por el espesor de forrajimasa potencialmente cosechable y la densidad de biomasa aérea de la pastura, a lo que además puede agregarse el efecto de la densidad y grado de dureza de tallos, sobre todo a estados fenológicos avanzados de la pastura (Benvenuti y Cangiano, 2011).

Por otro lado, cuando se alimentan con forrajes ensilados, la preferencia de los bovinos por material sin picado previo estaría explicada por la obtención de bocados de mayor masa (Forbes, 1995). En su conducta de selección dietaria, el bovino busca maximizar la masa de bocado y la tasa de ingestión de alimento (Saras-Johansson, 2011). En condiciones de confinamiento, el tiempo de alimentación del bovino con forraje disminuye entre 30 a 50 %, en comparación con la situación de pastoreo (Faverdin *et al.*, 1995). La lengua y los dientes incisivos son activos en la aprehensión del forraje, por parte del bovino en pastoreo (Pereyra y Leiras, 1991). En la toma de bocados de alimentos ofrecidos en tamaños de partícula relativamente pequeños, el bovino utiliza sus labios y la

lengua, mientras que este último órgano le sirve para lamer alimentos preparados en bloques, así como el suelo con el fin de ingerir sodio, mineral contenido en bajas concentraciones en los forrajes y por el que los rumiantes tienen un apetito especial (Albright y Arave, 1997).

La actividad diaria de rumia en los bovinos adultos se divide, en promedio, en unos 8 eventos de unos 45 min cada uno (Phillips, 2002), con una tendencia a que alrededor de 2 tercios de la misma ocurra durante la noche (Ruckebusch *et al.*, 1994). Mientras está rumiando, el animal se encuentra en un estado de relajación, con su cabeza baja y sus párpados caídos (Moran y Doyle, 2015). Durante la rumia, el animal tiende normalmente a estar echado sobre su flanco izquierdo en el suelo (Albright y Arave, 1997), en posición decúbito esternal, aunque en algunas ocasiones puede realizarla de pie (Pereyra y Leiras, 1991). El bovino está en estado de tranquilidad cuando está rumiando, tanto de pie como echado sobre el suelo (Albright y Arave, 1997). Al producirse la rumia, el animal suele mostrar un estado de somnolencia y su nivel de vigilancia se encuentra reducido (Shahhosseini, 2013). La rumia parece compartir algunas características con la actividad animal de reposo y, de hecho, parte de los episodios diarios de dicha función digestiva ocurren en la fase de sueño con movimiento ocular lento (Hänninen *et al.*, 2008). Al igual que el sueño, la rumia también otorgaría beneficios a la salud (Whay y Shearer, 2017), ya que promueve respuestas metabólicas, inmunitarias y endócrinas que conducen a un funcionamiento armónico del medio interno corporal (Ternman *et al.*, 2012). La conducta de rumia es muy sensible a estados de estrés y dolor del animal (Pereyra y Leiras, 1991), los que tienen un efecto inhibitorio sobre ella (Phillips, 2002). En el caso de las hembras, el estado de celo es un factor que tiende a disminuir la actividad de rumia (Pereyra y Leiras, 1991). Por otro lado, aparte de su función digestiva, el mantenimiento de la actividad de rumia juega un rol importante en el aspecto psicogénico del animal, ya que podría estar contribuyendo a evitar que sufra de aburrimiento (Ewbank, 1978). La masticación asociada a la rumia resulta más lenta, y regular, que la ocurrida inmediatamente después de la aprehensión del alimento (Andriamandroso *et al.*, 2016).

## **6- Relación salud-nutrición y modulación dietaria del sistema inmunitario.**

Generalmente, la nutrición del animal puede resultar un condicionante muy importante de su balance entre salud y enfermedad (Paul y Dey, 2015). Según Broom (2006), la salud puede ser definida como el estado que presenta un individuo en su intento de hacer frente a factores patogénicos de su entorno medio-ambiental. Cabe aclarar que, en esta sección, al hacerse referencia al término salud, el mismo tendrá el sentido de estado de bienestar en lo concerniente a la fisiología del animal (De Gea y Trolliet, 2001), como concepto amplio que remite a su susceptibilidad a enfermedades infecciosas y otros agentes que puedan perturbar sus funciones orgánicas. La fuente dietaria, como factor del entorno ambiental, puede tener un rol importante afectando la ocurrencia de enfermedades en el animal (Cooper y Ma, 2017). Una condición buena de BA está asociada con un estado de salud óptimo, lo cual a su vez depende de respuestas nutricionales adecuadas del animal, que involucran a variables tales como el consumo dietario, consumo de agua de bebida y balance de nutrientes (FAO, 2012). A menudo, tanto en condiciones de alimentación pastoril como a corral, las dietas de los bovinos suelen dar origen a dotaciones inadecuadas de nutrientes y exposición a toxinas que influyen negativamente sobre su bienestar fisiológico (Manteca *et al.*, 2008). Regímenes inapropiados de alimentación, así como raciones nutricionalmente inadecuadas, son causa de diversos trastornos en el ganado bovino (SCAHAW, 2001). Entre ellos se incluyen disfunciones digestivas y metabólicas, daños tisulares a causa de deficiencias o excesos de nutrientes y toxinas, y cuadros de inmuno-supresión, provocando que el animal sea más susceptible a enfermedades infecciosas y parasitarias (Bertoni *et al.*, 2015). Para el caso de los bovinos, entre los trastornos de origen digestivo se pueden citar, por ejemplo, acidosis, abscesos hepáticos, laminitis y meteorismo (Nielsen y Thamsborg, 2001), mientras que los relacionados al metabolismo tisular incluyen hipoglucemia, hipercetonemia, hígado graso, hipocalcemia e hipomagnesemia (Hogan y Phillips, 2008).

La nutrición juega un rol importante condicionando la respuesta inmunitaria del animal, tanto en su etapa juvenil como en su madurez (Bagath *et al.*, 2017). La susceptibilidad del animal a enfermedades, a lo largo de su existencia, puede quedar definida en su vida intra-uterina por el fenómeno de "programación fetal" (Caton y Hess,

2010). A través del mismo, una nutrición inadecuada de la hembra gestante, especialmente entre los estados de implantación embrionaria y culminación del primer tercio de la preñez, estaría afectando la expresión fetal de genes, para dar origen a un individuo que tendrá una elevada predisposición a contraer enfermedades a lo largo de su vida (Wu *et al.*, 2004). La nutrición materna es un factor de alto impacto sobre el crecimiento fetal que, de no resultar adecuada, dará lugar a un alto riesgo de morbilidad y mortalidad neonatal (Caton y Hess, 2010). En general, si el animal recibe una buena nutrición a edad temprana, ello tendrá un efecto positivo sobre su salud en etapas más avanzadas de vida (Galyean *et al.*, 1999). Una nutrición inadecuada, en cualquier etapa de la vida del animal, impacta negativamente sobre la respuesta inmunitaria del animal, incrementando su susceptibilidad a enfermedades (Cooper y Ma, 2017). En estado de enfermedad, los animales frecuentemente exhiben un incremento en sus requerimientos nutricionales de mantenimiento y una reducción en su consumo dietario voluntario (Bertoni *et al.*, 2015).

La nutrición tiene un impacto sobre muchas funciones del cuerpo animal, y entre ellas la inmunitaria y la endócrina (Elsasser *et al.*, 2000). La modulación de la respuesta inmunitaria del animal, a través de la nutrición, es un tópico de abordaje complicado en el contexto problemático del BA. Con relación a ello, es de destacar que el sistema inmunitario está considerado como la organización funcional, del cuerpo animal, con la más alta complejidad y diversidad fisiológica (Weiss y Spears, 2006). El sistema inmunitario es un conjunto interactivo de órganos linfoides, células móviles y factores humorales, organizados para reconocer, resistir y eliminar agentes extraños que atraviesan los epitelios del cuerpo animal (Bertoni *et al.*, 2015). El funcionamiento del sistema inmunitario aparece implicado en los principales eventos fisiológicos de la vida animal, especialmente en condiciones de intensidad elevada de producción ganadera (Van Eys, 2015). Por otro lado, se reconoce que en la funcionalidad del sistema inmunitario existe una importante interacción con el endócrino (Elsasser *et al.*, 2017). Además, ambos sistemas están involucrados, a la vez, en la respuesta animal al estrés (Moberg, 2000). El régimen alimentario afecta notablemente los niveles circulantes de insulina, glucagón, factor de crecimiento insulínico y glucocorticoides, los que a su vez modulan el tipo y duración de la respuesta inmunitaria (Klasing, 2002). Según Davis (1998), el sistema endócrino es un

mediador de los efectos de distintos factores ambientales, sobre la función inmunitaria animal. El sistema inmunitario está altamente integrado con el eje hipotálamo-hipofisiario-adrenal, organización endócrina asociada con la respuesta a estresores (Reuter, 2007). Niveles elevados de glucocorticoides en la circulación sanguínea, en respuesta a una condición de estrés, como puede ser una nutrición deficitaria (Klasing, 2002), tienen un efecto inmuno-supresor en el animal (Blecha, 2000). Hormonas como el cortisol tienen un efecto inmuno-supresor, particularmente sobre el proceso de formación de inmunoglobulinas (Mendoza *et al.*, 2000). Ante la misma condición de estrés, el efecto inmuno-supresor de los glucocorticoides puede ser contrarrestado por una secreción adenohipofisiaria incrementada de somatotrofina y prolactina, hormonas que directa e indirectamente facilitan la adquisición de nutrientes por el sistema inmunitario (Davis, 1998).

En la funcionalidad del sistema inmunitario se incluyen, también, procesos que generan inflamación tisular (Campos-Granados, 2014). Tal fenómeno sucede con intervención de mediadores como las citoquinas, que a su vez inducen el reclutamiento de leucocitos, la síntesis hepática de proteínas de fase aguda e hipertermia, a los fines de contribuir a la inactivación de los agentes patógenos y reparación de tejidos dañados (Bertoni *et al.*, 2015). A pesar de su relativamente baja proporción en el total de la masa corporal animal, el sistema inmunitario tiene la capacidad de abastecerse de muchos de los nutrientes que necesita, cualquiera sea el plano de alimentación, gracias a su dotación de transportadores específicos que le dan prioridad en la obtención de sustratos nutricios (Klasing, 2002). La nutrición tiene un rol modulador en la expresión de genes y, por lo tanto, afecta la función de las células inmunitarias, las que dependen de nutrientes esenciales para su bioenergética, biosíntesis de macromoléculas y mecanismos de respuesta frente a agentes patógenos (Cooper y Ma, 2017). El animal tiene una necesidad específica de nutrientes para la actividad anabólica de los leucocitos, en términos de su proliferación y producción de anticuerpos, así como la secreción por el hígado de grandes cantidades de moléculas inmunológicamente activas, representadas por las proteínas de fase aguda (Klasing, 2002). La falta de nutrientes esenciales, para la integridad de los leucocitos,

puede causar un deterioro en el funcionamiento del sistema inmunitario, aumentando así el riesgo de enfermedades infecciosas (FAO, 2012).

La provisión de nutrientes requeridos en mayor cuantía, tales como energía y proteínas, juega un rol importante sobre la condición de salud del animal (Meglia, 2004). Balances energéticos y proteicos negativos en su metabolismo, pueden conducir a que el animal exhiba respuestas de inmuno-supresión debidas, por ejemplo, a la inhibición de la expresión génica para la función de los leucocitos (Kehrli *et al.*, 2006). Mientras la demanda energética del sistema inmunitario es satisfecha por la vía de la gluconeogénesis, la provisión de aminoácidos resulta de mayor importancia relativa, sobre todo para la síntesis de proteínas de fase aguda (Van Eys, 2015). Otro nutriente necesario en altas cantidades es el agua, componente químico más abundante del cuerpo animal, siendo esencial para sostener sus funciones fisiológicas, y cuya carencia puede conducir a casos de morbilidad y mortalidad (Von Keyserlingk *et al.*, 2016). Además, diferentes vitaminas y minerales traza son necesarios para el funcionamiento del sistema inmunitario de los rumiantes, cuyo requerimiento tiende a ser mayor en animales bajo estrés, y cuando su tasa de producción es elevada (Weiss y Spears, 2006). Todas las vitaminas son importantes para la salud del animal, pero las liposolubles A y E son las que se consideran como más importantes, afectando la respuesta inmunitaria (Meglia, 2004). Mientras la vitamina A regula procesos de transcripción génica (Weiss y Spears, 2006), las vitaminas E y C tienen función anti-oxidante, protegiendo a las células animales del daño oxidativo (Reuter, 2007). La función anti-oxidante es necesaria para proteger a los leucocitos, así como a otras células animales encontradas en focos corporales de infección, contra la acción nociva de radicales libres producidos por respiración (Weiss y Spears, 2006). Contribuyendo también a la función anti-oxidante, hay varios minerales traza que constituyen complejos metaloenzimáticos (Paul y Dey, 2015). Con dicho rol se destacan el cobre y el selenio, mientras que en procesos de expresión génica lo hace el zinc, y en la derivación de nutrientes a los leucocitos el cromo (Weiss y Spears, 2006). Un aporte adecuado de nutrientes será esencial para la correcta funcionalidad del sistema inmunitario, pero también para evitar trastornos que se asocian a disfunciones de origen digestivo y metabólico (Bertoni *et al.*, 2015).

Ante la amenaza de agentes infecciosos, la dieta del ganado puede interactuar con su salud afectando la actividad del patógeno y la resistencia animal al mismo (Bertoni *et al.*, 2016). La nutrición del animal es un factor que modula el funcionamiento de su sistema inmunitario, mediante una serie de mecanismos como los siguientes (Klasing, 2002):

- provisión de nutrientes para la actividad metabólica de las células inmunitarias, siendo el requerimiento de micro-nutrientes más crítico que para otras funciones del organismo animal;
- secuestro de micro-minerales como manganeso y hierro, por parte de las células inmunitarias, para provocar la inanición de patógenos fagocitados;
- regulación de la actividad biológica de los leucocitos, a través de nutrientes que se incorporan a ellos, como pueden ser lípidos dietarios con la propiedad modificar la composición fosfolipídica de sus membranas celulares;
- modulación del perfil de hormonas que interactúa con el sistema inmunitario, mediante el régimen alimentario o la composición nutricional de la dieta a los que se expone el animal;
- protección de células inmunitarias, y de otras del cuerpo alrededor de focos de infección, mediante principios dietarios que, por ejemplo, tienen poder anti-oxidante contra la acción de radicales libres.

Investigadores como Bertoni *et al.* (2015) enfatizan que, en el manejo nutricional del animal, se debe apuntar a compatibilizar una buena respuesta inmunitaria con una ocurrencia mínima de procesos inflamatorios, ya que estos últimos, aunque sean necesarios como mecanismo de defensa, conducen a daños tisulares adicionales a los generados por agentes causales de enfermedad. Los cuadros inflamatorios son una causa importante de BA reducido (Bertoni *et al.*, 2016) y, además de originarse como una respuesta inmunitaria, pueden producirse a consecuencia de desórdenes digestivos y metabólicos (Bertoni *et al.*, 2015). En las últimas décadas, se ha venido gestando un cambio en la manera de abordar el problema sanitario del ganado, a través de un manejo más focalizado en la prevención que en el tratamiento de enfermedades a las que se expone el animal (Van Eys, 2015). En línea con ello, recientemente se ha producido un cambio de concepción sobre el recurso alimentario, en el sentido de considerar, además de su dotación de nutrientes

convencionales, su aporte de bio-constituyentes que contribuyen a evitar enfermedades y mantener una buena condición de salud en los animales (Adams, 2002). El enfoque holístico con que este último autor considera la función de los alimentos, pone énfasis en la vinculación entre la nutrición y la salud animal. Bajo esta una nueva visión de los alimentos, se les adiciona el rol eventual de proveer constituyentes bio-activos al organismo animal, con una función terapéutica en la prevención y mitigación de enfermedades (Cooper y Ma, 2017). A este tipo de compuestos naturales dietarios, Adams (2002) les otorgó la denominación de "nutricinas", y la de "alimentos funcionales" a los que contienen dichas sustancias que impactan positivamente sobre la salud animal.

Los científicos están empezando a comprender la importancia de las nutricinas, e investigar qué niveles de estos constituyentes dietarios hacen que la inmuno-modulación se torne beneficiosa o perjudicial para el animal (Klasing, 2002). Las nutricinas aportan efectos adicionales al de los nutrientes, favoreciendo la salud animal de forma directa o indirecta (Van Eys, 2015). Tales efectos pueden observarse sobre la función de los leucocitos, la integridad del epitelio del tubo digestivo, o la actividad de la microbiota responsable de la digestión aloenzimática (Klasing, 2002). Los ácidos linoleicos conjugados pueden tener efectos directos sobre la transcripción génica para la síntesis lipídica hepática, favoreciendo la respuesta inmunitaria animal (Roche *et al.*, 2001). Los ácidos grasos  $\omega$ -3 poli-insaturados, con su efecto anti-oxidante, le aportan al animal efectos anti-inflamatorios (Bertoni *et al.*, 2015). Ciertos compuestos polifenólicos de las plantas, como los taninos, pueden contribuir a la protección de los leucocitos contra el estrés oxidativo (Salobir *et al.*, 2012). Los aditivos probióticos como las levaduras, aportan constituyentes de su pared celular como los  $\beta$ -glucanos, que estimulan positivamente la actividad inmunitaria de la mucosa del tubo digestivo (Van Eys, 2015). La fibra vegetal es considerada un ingrediente con un rol especial en la dieta de los rumiantes (Salobir *et al.*, 2012), ya que modula la actividad de la microbiota de sus pre-estómagos, contribuyendo a sostener una correcta funcionalidad de tales órganos digestivos.

## **7- Problemas de bienestar de los bovinos asociados a la alimentación en pastoreo.**

Los sistemas ganaderos extensivos son los que, en mejor medida, pueden recrear las condiciones naturales de vida para los animales, quienes pueden desplazarse libremente al aire libre, exhibiendo cierta autonomía en la selección de alimento, el consumo de agua de bebida y el acceso a sitios protegidos (SENASA, 2015). Por lo general, existe la percepción de que las condiciones ambientales a las que se exponen los animales, en sistemas de producción extensivos, les otorga una amplia libertad de expresar conductas normales para su especie, pero eso sucederá siempre y cuando exista posibilidad de elección de recursos (Goddard *et al.*, 2006). La alimentación de tipo pastoril constituye una característica de privilegio en la actividad pecuaria de Argentina, otorgando una gran flexibilidad a los sistemas ganaderos para adaptarse a distintas contingencias, sin variar sustancialmente sus factores de producción (Kloster y Amigone, 2005). Sin embargo, en los sistemas ganaderos extensivos el animal debe hacer frente a una serie de factores bióticos y abióticos, que incluyen variación temporal y espacial en la provisión y calidad de alimento y agua de bebida, interacción con defensas anti-herbivoría de las plantas, incidencia de enfermedades infecciosas y parasitarias, estrés térmico y ataque de predadores, como factores que pueden afectar su bienestar (Villalba *et al.*, 2016). Aun cuando sea óptimo el manejo aplicado a establecimientos ganaderos extensivos, no se puede garantizar automáticamente que se alcancen los patrones mínimos de BA contemplados para dichos sistemas de producción (Goddard *et al.*, 2006).

La ganadería en condiciones extensivas está condicionada por la absoluta dependencia del medio-ambiente, y existe una tendencia a que los factores que pueden afectar el BA, como las condiciones climáticas, la nutrición y las enfermedades, actúen cíclicamente y no de manera uniforme (Herrera García *et al.*, 2005). Normalmente, la cría de ganado bovino para carne se realiza en tierras marginales, en las que el forraje de diversas especies de plantas se constituye en el sustrato dietario principal que utiliza el animal (Nielsen y Thamsborg, 2005), pero donde la productividad de las pasturas acusa una variabilidad elevada, siendo comunes los efectos de estacionalidad y las sequías (Hogan y Phillips, 2016). La alimentación del ganado en sistemas extensivos está regida por la estacionalidad de la oferta forrajera, que da lugar a períodos de sobreabundancia en el

suministro de nutrientes, y otros de escasez en los que no podrían llegarse a cubrir los requerimientos nutricionales de mantenimiento de los animales (Herrera García *et al.*, 2005). El rango de variación del valor nutritivo del forraje provisto por pasturas suele ser muy amplio, como por ejemplo observaron Pagella *et al.* (1996), al analizar las concentraciones de fibra detergente-neutro (32 a 88 % sobre materia seca) y proteína bruta (2 a 27 % sobre materia seca), para un espectro diverso de recursos forrajeros utilizados en la región Semiárida Pampeana Central de Argentina. Aun pastoreando forrajes que posean un valor nutritivo elevado, la tasa de crecimiento animal resultará de menor intensidad que en sistemas ganaderos intensivos (Nielsen y Thamsborg, 2005).

Bajo condiciones pastoriles, los animales están totalmente expuestos a las inclemencias de origen meteorológico (FAO, 2012). En sistemas de ganadería bovina sobre tierras marginales, el problema que afecta más seriamente al BA es la provisión de forraje durante períodos de sequía (Hogan y Phillips, 2016). En condiciones de pastoreo, limitaciones de disponibilidad o calidad nutricional del forraje determinan que el bovino reduzca su consumo de alimento, y no se satisfaga su apetito dietario (Villalba *et al.*, 2016). La subnutrición es un factor perjudicial frecuente para el BA en sistemas ganaderos extensivos que, en general, induce a los animales a utilizar sus reservas energéticas corporales para sostener sus funciones vitales (FAO, 2012). Las hembras en gestación y lactancia, así como los animales jóvenes en crecimiento, son las categorías de ganado más sensibles a limitaciones en la adquisición de nutrientes (Goddard *et al.*, 2006). Una nutrición inadecuada impacta negativamente sobre la integridad de las células del cuerpo animal, siendo causa de cuadros de inmuno-depresión que derivan en un aumento de la susceptibilidad a enfermedades, y respuestas inflamatorias que traen aparejados dolor y sufrimiento (FAO, 2012). Para hacer frente al efecto negativo de sequías, y prevenir problemas que de ello puedan derivar para el BA, se puede recurrir a distintas medidas de manejo. Entre ellas se pueden incluir pastoreo con cargas animales moderadas, utilización de cultivos forrajeros resistentes a sequía, confección de reservas forrajeras en épocas con excedentes de producción de las pasturas, suplementación de animales con alimentos concentrados y traslado de aquellas categorías de ganado que sean críticas por su nivel

elevado de requerimientos nutricionales a campos con mejor dotación de forraje (FAO, 2012).

Aunque las dietas a base de forraje contribuyen, en general, a evitar disfunciones digestivas y metabólicas relacionadas con la alimentación en herbívoros como los bovinos (Nielsen y Thamsborg, 2005), ellas también pueden ocasionar algunos trastornos fisiológicos en los animales. Entre estos últimos se incluyen deficiencias de energía, proteínas, macro-minerales y micro-minerales causadas por desbalances en la composición nutricional de los forrajes, meteorismo espumoso como disfunción digestiva asociada al consumo de algunas especies forrajeras en estado juvenil e intoxicaciones por compuestos secundarios del material vegetal ingerido (SCAHAW, 2001). Entre las deficiencias de minerales en bovinos, comunes bajo condición pastoril, se pueden citar las de magnesio como macro-mineral, y de cobre como micro-mineral (Judson y McFarlane, 1998). Las plantas tóxicas pueden dar origen a graves problemas de salud, que no sólo pueden conducir a la muerte de animales, sino también a reducciones en la productividad del ganado debido a, por ejemplo, daños sobre células, tejidos y órganos animales, alteraciones de la función nerviosa, cuadros de inanición, reducciones de peso y abortos (FAO, 2012).

Otros factores que pueden afectar el bienestar del ganado, en condiciones pastoriles, son el ambiente térmico, las parasitosis y la adaptabilidad del genotipo animal. En general, los rumiantes como el bovino resultan muy sensibles y menos adaptables a ambientes calurosos, y su adaptabilidad a fríos extremos será mejor, si ellos enfrentan dicho desafío ambiental con una condición corporal adecuada, permitiéndoles afrontar las mayores demandas metabólicas de energía que tendrán para sostener su homeotermia (FAO, 2012). La incidencia de parásitos gastro-intestinales y ectoparásitos representan un desafío mayor para la salud y bienestar de animales en pastoreo (Goddard *et al.*, 2006). Los parásitos gastro-intestinales atentan contra la salud debido a disfunciones como anorexia, diarrea y anemia, llegando en casos severos a producir la muerte del animal (FAO, 2012). La condición de pastoreo está asociada con una alta incidencia de enfermedades parasíticas, sobre todo en pasturas permanentes, existiendo un riesgo elevado de invasión del tubo digestivo de los animales con nemátodos (Nielsen y Thamsborg, 2005). En cuanto al ajuste del genotipo animal a las condiciones del medio ambiente, éste resulta fundamental para

apuntar a niveles de buen BA, y en ello juegan un rol importante el atributo de rusticidad y la amplitud de polimorfismos genéticos (Herrera García *et al.*, 2005).

### **8- Problemas de bienestar de los bovinos asociados a la alimentación a corral.**

El encierre a corral de bovinos para la terminación de su engorde, y la estabulación temporal o permanente de reproductores bovinos, es una práctica común de ganadería intensiva que demanda consideraciones específicas en relación con el BA (SENASA, 2015). Los sistemas ganaderos intensivos responden a una forma de explotación altamente tecnificada, que requiere de grandes inversiones en instalaciones, equipos, mano de obra y alimentos, y por la cual los animales se someten a condiciones con alto control humano para la satisfacción de sus necesidades básicas de alimento, agua de bebida y refugio, a los fines de que ellos exhiban rendimientos productivos elevados en el menor tiempo posible. Por lo general, en la ganadería intensiva se utilizan genotipos de animales altamente seleccionados según el tipo de producto a obtener, a los que se suministra una alimentación balanceada de acuerdo a sus requerimientos nutricionales, bajo condiciones medio-ambientales relativamente controladas y con aplicación de recursos tecnológicos avanzados (Herrera García *et al.*, 2005). En dicho tipo de sistemas ganaderos, el criterio de racionalidad económica que le da sustento determina que el proceso productivo tenga lugar en espacios físicos reducidos (Ninomiya, 2014), resultando mínimo el confort para el descanso de los animales (SCAHAW, 2001). Además, el nivel de hacinamiento elevado al que son sometidos los animales, en tales sistemas de producción, favorece la rápida diseminación de enfermedades entre ellos (SENASA, 2015), y causa restricciones en cuanto a su libertad de desplegar conductas naturales (Ninomiya, 2014). Por otro lado, las raciones de alta concentración energética que se les suministra a los animales resulta de baja adecuación, a los fines de sostener una funcionalidad normal de los pre-estómagos del rumiante (SCAHAW, 2001).

La nutrición del ganado en sistemas intensivos presenta dos cuestiones problemáticas a abordar (Herrera García *et al.*, 2005): (1) que la ración sea adecuada en cantidad y calidad para cubrir las necesidades fisiológicas de los animales, y (2) que la presentación física de la ración permita el desarrollo de conductas alimentarias normales en

los animales. En la ganadería intensiva de bovinos de América del Norte, países europeos, y también de Argentina, el principal alimento que compone las raciones suministradas a los animales es el grano de cereales como cebada, avena, trigo y maíz. Normalmente, más del 65 % de la ración que se suministra a bovinos, bajo condiciones intensivas de engorde, está comprendido por granos de cereales, los cuales definen la dotación de energía metabolizable y las características físicas de la dieta (Pordomingo, 2013). Entre las características de los granos de cereales como alimentos, se destacan contenido elevado de almidón, bajas concentraciones de fibra vegetal y proteínas, y alta palatabilidad. Las raciones de concentración energética elevada a la que se exponen los bovinos, bajo sistemas ganaderos intensivos, conducen al riesgo de ocurrencia de trastornos relacionados con la alimentación, como es el caso de la acidosis (Nielsen y Thamsborg, 2005). Para evitar tal trastorno, es necesario incluir en la ración alimentos ricos en fibra vegetal, en una cantidad mínima suficiente para cumplir la función mecánica de estimular la función digestiva de rumia (Pordomingo, 2013). La utilidad de estos últimos alimentos, integrando la ración de engorde intensivo, radica en su aporte de fibra dietaria físicamente efectiva que, según conceptos de Mertens (1997), es la fibra vegetal contenida en partículas dietarias, cuyo tamaño resulta lo suficientemente grande para componer el estrato de digesta contenida en el retículo-rumen que estimula el proceso de rumia.

La acidosis es considerada como un problema prominente para la salud y el bienestar de los rumiantes, y se asocia a dietas que poseen concentraciones elevadas de energía metabolizable, debido a que incluyen una gran cantidad de hidratos de carbono fácilmente fermentescibles, como es el caso del almidón (SCAHAW, 2001). Experimentalmente, se ha observado que el cambio brusco de una dieta constituida solamente por heno, a otra que contenga 90 % de grano de cereal, induce a la acidosis aguda en bovinos (Perry, 1995). Cuando al ganado bovino se le cambia su dieta base de forraje que sostenía su crianza, por otra de concentración elevada de energía metabolizable para iniciar su fase de engorde, y ello no se realiza gradualmente durante un período que abarque 2 a 3 semanas, el pH del contenido del retículo-rumen se reducirá rápidamente a niveles por debajo de 5,5 y dará lugar a un cuadro de acidosis aguda (Ørskov, 1987). Otros efectos asociados a tal trastorno son (Perry, 1995): producción fermentativa de ácido

láctico, aumento de la osmolaridad de la digesta, detención de la digestión aloenzimática y la absorción de productos de digestión en los pre-estómagos, estasis de tales órganos, meteorismo de gas libre y, en casos extremos, muerte del animal. Cuando la acidosis adquiere carácter crónico, en los animales se puede observar inflamación y queratinización del epitelio de los pre-estómagos, reducción del tamaño de las papilas ruminales, penetración de pelos ingeridos en la mucosa del retículo-rumen facilitando la invasión sistémica de bacterias, y generación de abscesos hepáticos (Ørskov, 1987). Además, se suelen observar diarreas, abundante mucus en la materia fecal, deshidratación, acidosis sistémica, reducción del apetito dietario, liberación de endotoxinas por bacterias ruminales gram-negativas, laminitis, hipertrofia de pezuñas, rengueras y casos de polioencéfalomalacia (Perry, 1995), pudiéndose agregar también desplazamiento y torsión de abomaso (Moran y Doyle, 2015). Bajo dietas ricas en grano de cereales, la adquisición de algunas vitaminas por el animal rumiante puede ser limitada. Por ejemplo, las raciones de engorde intensivo tienden a una provisión escasa de vitamina D y pro-vitamina A (SCAHAW, 2001). Por otro lado, la elevada acidez que el contenido del retículo-rumen adquiere, como consecuencia de la degradación aloenzimática de los granos de cereales, reduce la disponibilidad de vitamina B1 y predispone al animal a padecer de polioencéfalomalacia (Perry, 1995).

En sistemas de engorde intensivo a corral, con frecuencia los animales exhiben conductas que no son normales, revelando sentimientos de frustración y reducción del BA (Moran y Doyle, 2015). En condiciones de producción intensiva, los animales pueden manifestar estereotipias como respuestas conductuales, a modo de mecanismo compensatorio para mantenerlos en actividad, poniendo en evidencia carencias del medio que involucran monotonía y pobreza de estímulos (Herrera García *et al.*, 2005). Si una necesidad conductual del animal surge como respuesta adaptativa a un estresor, cualquier restricción ambiental que la impida dará lugar a una condición de estrés que, de hacerse crónica, tendrá como consecuencia el deterioro de la salud física y mental del animal (Ninomiya, 2014). Las estereotipias tienen implicancias negativas para el BA pero, si los animales no las despliegan, pueden dar lugar a que ellos padezcan un mayor sufrimiento (Herrera García *et al.*, 2005). En sistemas intensivos de engorde, es común que los bovinos

puedan exhibir estereotipias orales como, por ejemplo, movimientos de enrollamiento de la lengua y deglución de aire, a causa de no poder desplegar su conducta normal de pastoreo y rumia por varias horas a lo largo del día (Moran y Doyle, 2015). Por otro lado, la alta densidad de animales en los sistemas ganaderos intensivos, conduce a una gran incidencia de estresores psico-sociales, que están relacionados con conductas de intimidación y dominancia, y la ausencia de vías de escape para los animales más sumisos, en las áreas de comederos, bebederos y descanso (Herrera García *et al.*, 2005).

### **9- Intensidad de producción y bienestar del bovino.**

Bajo un escenario global de demanda creciente de alimentos, por la humanidad, el sector agropecuario puede responder mediante la incorporación de nuevas tierras a explotar, o el aumento de la intensidad de producción en base a mejoras tecnológicas y en la organización del trabajo aplicadas sobre sitios de superficie acotada (Thompson y Ouko, 2008). La intensificación de los sistemas agropecuarios es una herramienta importante, con la que cuenta la humanidad, para satisfacer su demanda alimentaria creciente (Ouko, 2008). En la intensificación de los sistemas ganaderos, se pueden reconocer consecuencias tales como reducción del número de ganaderos en la actividad y concentración de animales en predios de superficie reducida (Fraser, 2006). La intensificación de la producción agropecuaria tiene, como base argumental utilitaria, a la expansión demográfica sostenida a nivel mundial (FAO Ethics Series, 2008), la que a su vez induce a necesidades crecientes en la provisión de alimentos, tomando esta última la jerarquía de derecho humano (Ouko, 2008). Durante la segunda mitad del siglo XX, la producción mundial de bienes de la ganadería creció en gran magnitud, llegándose a duplicar la de carne bovina entre los años 1960 y 2000, lo que en gran parte está explicado por la intensificación de los sistemas (Fraser, 2008a). Esa intensificación de los sistemas ganaderos fue acompañada de mejoras, en cuanto a sanidad y productividad de los animales, pero dejando de lado aspectos concernientes al BA (Edwards, 2004).

El debate sobre la intensificación de los sistemas ganaderos adquiere un tono distintivo, porque en el centro del proceso están los animales (Fraser, 2008a). La crianza en sistemas intensivos puede inducir a condiciones de discomfort en los animales, pudiendo

causar algún grado de sufrimiento físico y psicológico (Morisse *et al.*, 1994). Mientras los animales silvestres, en su hábitat natural, tienen que optimizar muchos de sus procesos fisiológicos para su sobrevivencia, algunos de ellos son maximizados o intensificados en animales domésticos utilizados con fines pecuarios, para beneficio de los humanos (Langer, 1988). La preocupación creciente generada alrededor de la intensificación de la ganadería toma en cuenta problemas para el BA, como pueden ser la pobreza de estímulos del entorno y la escasa disponibilidad de espacio para los animales (Morisse *et al.*, 1994). Por otro lado, empujar a los animales a exhibir altos niveles productivos, con un manejo nutricional que puede no ser el más adecuado, constituye una amenaza para la salud y el bienestar de ellos (Beever y Bach, 2016). En el abordaje de las preocupaciones éticas sobre la intensificación de la producción animal, se hace necesario comprender cómo ella afecta el BA, y se relaciona con los valores acerca del cuidado y uso de los animales (Fraser, 2008a). En los sistemas ganaderos de baja intensidad de producción, cualquier incremento en productividad irá acompañado de una mejora en el BA, pero esa relación puede cambiar para producciones de tipo intensivo (Leenstra, 2013).

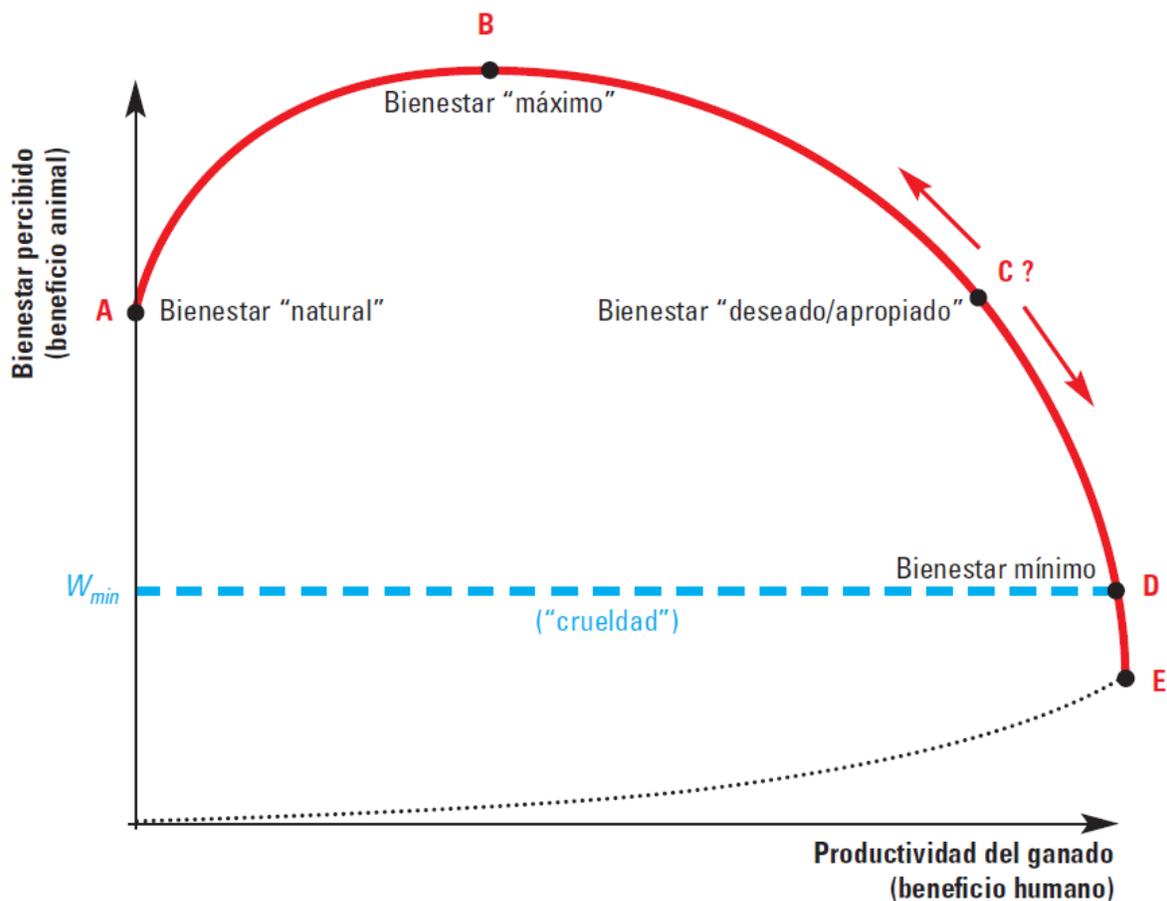
Para entender la cuestión problemática de cómo se afecta el BA al intensificarse la producción ganadera, resulta útil recurrir al modelo bifásico propuesto por McInerney (2004), economista británico que, desde su perfil disciplinar, generó un marco conceptual al respecto. Una breve explicación de dicho modelo se brinda, a continuación, utilizando como referencia el gráfico que se incluye en esta Sección (Fig. 1), el cual representa la relación entre la intensidad de producción ganadera y el grado de BA. En su estado salvaje el animal expresará una productividad natural baja, y su grado de bienestar será reducido debido al efecto de depredadores, enfermedades, escasez de alimento y otros factores naturales adversos (Punto “A” del gráfico). Ocurrida su domesticación, los animales adquirieron mayor capacidad de producción, pero se hicieron dependientes del humano para obtener agua de bebida, alimento, refugio, protección contra depredadores, tratamientos sanitarios, asistencia al parto, y otras formas de sustento. Si el animal doméstico se cría en una explotación ganadera sometido a intensidades de producción relativamente bajas, y se producen mejoras en su potencial genético y las provisiones ambientales, su productividad irá aumentando y, al mismo tiempo, se generarán incrementos decrecientes en su grado de

BA. En esos niveles de intensidad de producción, el aumento del grado de BA se sostendrá hasta que dicha variable alcance, eventualmente, su valor máximo o punto de inflexión (Punto “B” del gráfico). La región del gráfico entre los puntos “A” y “B” indica que es posible alcanzar, a partir de animales domésticos, productividades y grados de BA mayores, en comparación con su estado original salvaje. El grado de BA del punto “B” no podrá sostenerse al seguir aumentando la intensidad de producción y, por lo tanto, comenzará a observarse un deterioro en la calidad de vida del animal. Esta segunda fase del modelo se caracteriza por contener una relación negativa, entre la intensidad de producción ganadera y el grado de BA, que es consecuencia del esfuerzo creciente al que se somete el animal para aumentar su productividad, lo cual impacta negativamente sobre su salud física y mental. Por último, se pueden llegar a alcanzar niveles muy elevados de productividad ganadera, hasta que se llega un grado muy bajo de BA (Punto “D” del gráfico) que se corresponde con el límite biológico de crueldad para el animal (valor de grado de BA “Wmin”). Los sistemas productivos que operan cerca del punto “D” ostentan un carácter industrial y son biológicamente insostenibles.

Para casos en los que se llega a explotar al máximo el potencial productivo del ganado, como sucede en las explotaciones altamente intensivas, se tiende inevitablemente a una disminución en la calidad de vida animal (Manteca, 2005; SCAHAW, 2001). McInerney (2004) sostuvo que, presionando a los animales para que exhiban niveles de productividad muy elevados, sin proporcionarles recursos adecuados que satisfagan sus necesidades para sostener buenos niveles de salud y conductas normales, puede dar lugar a una disminución dramática en su bienestar, hasta el grado de llegar a ser inferior a lo que se espera en la condición de vida salvaje. En sistemas de alta intensidad de producción, el ganado se somete a limitaciones para su locomoción y reposo, uso excesivo de medicamentos e ingestión de alimentos a los que no está adaptado anatómicamente, ni fisiológicamente, como factores que reducen el grado de BA. Por ejemplo, las exigencias metabólicas que impone el sostenimiento de niveles elevados de productividad, conducen a que el animal presente trastornos en su fisiología y respuestas de inmuno-supresión (Bertoni *et al.*, 2015), que están asociados con raciones que poseen un abundante aporte de energía metabolizable. Además, los animales se exponen a situaciones de alimentación

monótona, con escaso espacio físico para su movilidad voluntaria y descanso, llevando a la manifestación de conductas que se asocian a estados afectivos negativos, como la frustración (Nicol, 2011; Moran y Doyle, 2015).

Fig. 1. Efecto de la intensidad de producción ganadera sobre el grado de bienestar animal.



(Fuente: McInerney, 2004)

## 10- Estándares de alimentación y su consideración del bienestar animal.

Convencionalmente, la formulación de requerimientos nutricionales para especies ganaderas se ha realizado apuntando al objetivo de evitar estados carenciales, y sostener tasas de crecimiento y productividades elevadas (Adams, 2006). Los estándares de alimentación de especies ganaderas como los bovinos, tienen en cuenta la capacidad de

consumo diario de alimento y los requerimientos diarios de distintos nutrientes, en función de la raza, edad y estado fisiológico del animal, siendo ejemplos de ellos, los sistemas AFRC del Reino Unido, INRA de Francia, NRC de Estados Unidos y AAC de Australia. En la mayoría de dichos sistemas se presenta la restricción de que, como se basan en la situación de alimentación de confinamiento, no proporcionan información de cuál es el incremento en los requerimientos nutricionales para la función de mantenimiento, por actividad de pastoreo del animal. Además, cuando se establecen las necesidades nutricionales y se formulan las dietas, se lo hace para el individuo promedio del rodeo, no para cada animal individual, por lo que el valor de la normal estadística puede no ser representativo de hasta la mitad del grupo (Provenza *et al.*, 1996). Como sucede con cualquier tipo de animal, el espectro de necesidades básicas de nutrientes para sostener distintos estados fisiológicos del bovino, incluye energía metabolizable, proteínas, vitaminas y minerales, incluyendo el agua (Earley, 2011). En animales como los bovinos, los requerimientos nutricionales deben contemplar el balance energía-proteína a nivel del contenido ruminal, para la optimización de funciones de la microbiota en la digestión (Meglia, 2004). En el caso de los requerimientos proteicos, se recurre a la discriminación entre las necesidades de la microbiota ruminal y las del animal hospedante, dando lugar a la formulación de requerimientos de proteína degradable y proteína no degradable a nivel ruminal (Parish y Rhinehart, 2011). Entre los nutrientes esenciales, todavía no se conoce con claridad cuáles son los requerimientos específicos de ciertos ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas y microminerales (Salobir *et al.*, 2012).

En muchos casos, las raciones a las que se expone el ganado, aun cuando resulten abundantes y aporten una apropiada dotación de nutrientes, no son necesariamente adecuadas para sostener un buen nivel de BA (Manteca *et al.*, 2008). Cuando se formulan raciones para el ganado no se tiene en cuenta, generalmente, la influencia de la nutrición sobre la salud animal, sino que se lo hace concentrándose sobre criterios que se relacionan con la productividad, tales como ganancia de peso vivo, tasa de deposición de proteínas y eficiencia de conversión alimentaria (Adams, 2006). Surgen así interrogantes acerca de si el animal exhibirá un estado aceptable de bienestar, aun cuando su respuesta productiva es la más alta como consecuencia de una disponibilidad dietaria elevada de nutrientes, y si el

requerimiento nutricional para un nivel elevado de producción abarca también la demanda específica de nutrientes del sistema inmunitario. Por lo tanto, el BA es otra preocupación que se debe atender en la formulación de raciones, más allá del objetivo tradicional de brindar un perfil deseado de nutrientes a un nivel de costo mínimo (Adams, 2006).

Bajo los principios del BA, la nutrición del ganado debe enfocarse más allá del objetivo de maximizar la productividad animal (Lawrence *et al.*, 2004). En el contexto de las buenas prácticas ganaderas, la alimentación de los animales deberá satisfacer sus requerimientos nutricionales de tal forma que puedan crecer, desarrollarse, mantenerse, producir y reproducirse, pero conservando un estado de salud óptimo a lo largo de su vida (Durán y Gentile, 2007). La consideración creciente del BA, como problema ganadero, obliga a que los estándares de alimentación estén más enfocados en reducir la susceptibilidad a enfermedades, lo que implicaría contemplar, no solo las necesidades de nutrientes convencionales, sino también las de nutricinas (Adams, 2006). En tal sentido, existe evidencia de que el requerimiento diario de algunos micro-nutrientes puede ser más alto para el funcionamiento óptimo del sistema inmunitario, que aquel para el sostener altos niveles de crecimiento o rendimiento reproductivo (Klasing, 2002). Según Adams (2006), la ciencia debería realizar esfuerzos en aclarar cuáles son las concentraciones de nutricinas, a nivel de la dieta, que resultan beneficiosas para la función inmunitaria, de manera que se puedan contemplar en los estándares de alimentación. Por otro lado, los requerimientos energéticos y proteicos del sistema inmunitario del bovino no están, desafortunadamente, del todo dilucidados (Kehrli *et al.*, 2006). Al incorporarse la cuestión del BA, como problema de la ganadería, la utilidad de los estándares convencionales de alimentación se ha visto envuelta en un dilema, planteándose la necesidad de que ellos se re-orienten hacia el mantenimiento de la salud y prevención de enfermedades (Adams, 2006). Ello demandará, como gran desafío para los científicos, el desarrollo de investigaciones sobre un tópico muy complejo, como es el de los requerimientos nutricionales específicos del sistema inmunitario.

## **11- Evaluación del bienestar del ganado y sus fundamentos.**

En un contexto en el que se incrementa sostenidamente la preocupación, y crece la demanda de información, acerca del nivel de bienestar de los animales de uso pecuario, emerge la necesidad de evaluar el BA en sistemas de producción ganaderos, de manera eficiente y confiable (Wemelsfelder y Lawrence, 2001). Para asegurarse que las prácticas ganaderas respondan a patrones de BA adecuado, la comunidad de consumidores puede valerse de programas de garantía de calidad y marcos normativos (Petherick y Edge, 2010). Según estos últimos autores, los programas de garantía de calidad se centraron, originalmente, en la seguridad alimentaria humana pero, en la actualidad, también dan cabida a otras demandas de los consumidores como la trazabilidad y el BA. En sistemas ganaderos como la producción bovina de carne, la aplicación de patrones de buen BA persigue el objetivo de que los animales gocen de una calidad de vida aceptable, desde su crianza hasta producirse su faena (Main y Webster, 2011). El primer paso en el desarrollo de patrones de BA es describir, claramente, las necesidades de cada especie animal que le dan sustento (Broom, 2016). Inevitablemente, es el criterio humano lo que determina cómo se caracteriza al buen BA (Main y Webster, 2011). Los patrones de BA, como referencia que representa el nivel mínimo de bienestar requerido para los animales de uso pecuario, irán adquiriendo obligatoriedad por la vía de la legislación (Ferguson *et al.*, 2013).

La necesidad de contar con sistemas de evaluación del BA, para su aplicación en predios ganaderos, está impulsada por factores clave tales como las preocupaciones éticas de la sociedad y la seguridad alimentaria global (Ferguson *et al.*, 2013). La evaluación del BA en establecimientos ganaderos debe aplicarse bajo un contexto holístico, en el que también se integren aspectos económicos, ambientales y de bioseguridad alimentaria (Sørensen *et al.*, 2001). La viabilidad de la ganadería requiere de prácticas que, no solo tienen que ser productivas y rentables, sino también ajustadas a las preocupaciones éticas de la sociedad, como es el caso del BA (Ferguson *et al.*, 2013). Todo sistema de utilización ganadera de los animales podría ser considerado insostenible, en base a las razones siguientes (Broom, 2017): (1) por conducir al agotamiento de un recurso que en consecuencia no estará disponible en el futuro; (2) por dar lugar a la acumulación de un producto, que con el tiempo limitará el funcionamiento del sistema; (3) por generar una

consecuencia inaceptable para el ganado, como puede ser un nivel pobre de BA. Actualmente, el BA se considera como un componente importante de la sostenibilidad de los sistemas ganaderos (Marchant-Forde, 2015). El sistema de producción ganadero no resultará sostenible si los animales muestran evidencia de padecer dolor, enfermedades o estrés crónico, como resultado de que ellos no están en armonía con su entorno (Winckler, 2008). Ningún sistema o procedimiento ganadero es sostenible si, una proporción significativa de la población humana regional o mundial, considera que exhiben aspectos negativos al presente o, que a futuro, su aplicación tendrá consecuencias moralmente inaceptables (Broom, 2017). Aun cuando un sistema de producción animal sea sostenible en términos económicos y ambientales, si el nivel de BA que ostenta es considerado inadecuado, la demanda por sus productos disminuirá y perderá rentabilidad (Marchant-Forde, 2015).

El BA se erige como un valor esencial que debe cuidarse de manera integral a lo largo de la cadena de valor pecuaria, de manera tal de minimizar los problemas, salvaguardar la inversión y propiciar el desarrollo sostenible de cada actividad, atendiendo además a la demanda del público en general, y a la del consumidor de productos de origen animal en particular (SENASA, 2015). En la consideración de la calidad del producto animal, además de los aspectos convencionales que la describen, recientemente se ha dado lugar a la inclusión de cuestiones éticas acerca de los sistemas ganaderos (Broom, 2017). Este último autor sostiene que tal cambio tiene origen en el hecho de que los consumidores han comenzado a imponer exigencias, con relación a los productos que derivan de la actividad ganadera, como las siguientes: (1) optimización del nivel de BA; (2) reducción del nivel de impacto ambiental; (3) pago justo a productores, especialmente de países pobres; (4) preservación de las comunidades rurales, para evitar su éxodo a grandes asentamientos urbanos; (5) atenuación de la huella ecológica de la producción, en especial involucrando al uso de recursos como la energía y el agua.

La evaluación del BA es fundamental para los sistemas ganaderos productivos, eficientes y sostenibles (AWIN, 2015), prestando utilidad en la supervisión, certificación e inspección de sistemas de producción animal (Stilwell, 2016). Ella se constituye en una herramienta necesaria para identificar problemas, brindar una guía para la realización de

mejoras relevantes y verificar si la implementación de las últimas ha resultado exitosa (Winckler, 2008). Su utilización puede obedecer a objetivos específicos diversos, tales como diagnosticar problemas actuales concernientes al estado de los animales, identificar factores de riesgo, controlar el cumplimiento con patrones de calidad y requerimientos legales vigentes, formular sistemas de información de calidad de producto, contribuir a la elaboración de exigencias normativas, probar la eficacia de intervenciones para la mejora, aportar a la investigación científica sobre factores que intervienen en la producción animal, y proveer información para el asesoramiento y manejo ganadero (Whay, 2007; Main, 2009). Con la evaluación del BA se busca determinar si las prácticas ganaderas a las que se exponen los animales resultan apropiadas, y de no ser así, qué modificaciones son requeridas (Petherick y Edge, 2010). El objetivo de cualquier protocolo de evaluación del BA es examinar el estado de los animales, de manera que puedan implementarse las acciones preventivas o correctivas que sean necesarias (Marchewka, 2015). La aplicación de protocolos de evaluación del BA representa el comienzo de una secuencia de acciones, dirigidas a la mejora sostenida del bienestar del ganado, que continúa con la identificación de factores de riesgo conducentes a problemas, y termina con intervenciones en respuesta a los factores de riesgo identificados (Whay, 2007; Winckler, 2008). La aplicación de protocolos de evaluación del BA en predios ganaderos, más allá de comprobar si sus recursos son los correctos, o si las operaciones se realizan de modo adecuado, intenta verificar si el ensamblaje de conocimientos, prácticas y relaciones sociales contribuye al alcance patrones de conformidad (Roe *et al.*, 2011).

Según Main y Webster (2011), en la sociedad puede observarse bastante diversidad de actitudes, con relación a las implicancias del manejo de los sistemas ganaderos en el problema del BA. Fraser (2008b) identificó tres modos de abordar dicho problema, que se corresponden con diferentes actores sociales: (1) ganaderos y veterinarios priorizando la salud y productividad de los animales; (2) etólogos enfocándose en el estado emocional de los animales y sus sentimientos; (3) consumidores apuntando a productos ganaderos obtenidos en condiciones de vida natural para los animales. La consideración de dicha diversidad de puntos de vista, tiene utilidad al componer marcos conceptuales para el abordaje de la evaluación del bienestar del ganado (Main y Webster, 2011). En las distintas

percepciones del problema entran en juego cuestiones éticas (Marie, 2004), así como la consideración de beneficios económicos que pueden lograr los ganaderos al aplicar protocolos de control del BA (McInerney, 2004). En cuanto al plano ético, Blasco (2006) hizo mención de diferencias geográficas, en el sentido de que la percepción social del problema del BA no es el mismo en países desarrollados, que en aquellos en vías de desarrollo donde es altamente preocupante el sostenimiento del bienestar humano. Los consumidores, sobre todo de países desarrollados, muestran una preocupación creciente por la salud y el bienestar del ganado, y reclaman información sobre cómo son tratados los animales en la cadena productiva, lo cual aporta a la necesidad de contar con controles confiables y eficientes del BA (Wemelsfelder y Lawrence, 2001). Por otro lado, en los países desarrollados existe un marco legal que, desde el estado, obliga a los ganaderos a que sus prácticas se realicen respetando patrones de buen BA y, además, cuentan con códigos de buenas prácticas que brindan una guía para facilitar que las actividades se desarrollen acordes a la legislación pertinente (Petherick y Edge, 2010). En Argentina, como la toma de conciencia acerca del BA es incipiente entre los consumidores, son los ganaderos quienes actualmente se interesan por el problema, al percibir que el mismo conduce a pérdidas productivas y plantea afrontar exigencias eventuales de los mercados internacionales para los productos animales (Martínez *et al.*, 2016).

La evaluación del BA requiere de una decisión a tomar acerca de qué se concibe como BA en el contexto ganadero (Sørensen *et al.*, 2001), para lo que se debe recurrir a fundamentos científicos. Una estrategia común, para abordar el dilema de cómo evaluar el BA, es comenzar con una definición clara de lo que se entiende por BA, de manera que ayude a establecer los límites para los elementos que se van a considerar en tal problemática (Ferguson *et al.*, 2013). Actualmente, el concepto de BA es utilizado por científicos y legisladores para describir una condición del animal susceptible de ser medida en cualquier momento de su vida (Broom, 2016). Normalmente, se ha acudido a tres principios conceptuales para interpretar el significado del BA (Sejian *et al.*, 2011; Marchant-Forde, 2015): (1) naturalidad, que refiere a patrones de conducta salvaje de los animales en ambientes naturales, y se encuentra en línea con la opinión de los consumidores; (2) funcionamiento biológico, que incluye observaciones sobre la salud,

inmunología y producción de los animales, y resulta fácil de comprobar científicamente; (3) sentimientos, que involucra un estudio psicológico analizando distintos tipos de respuestas conductuales asociadas a emociones de los animales, cuya comprobación representa un desafío mayor. Según Ferguson *et al.* (2013), existen evidencias de una convergencia de tales principios conceptuales en el problemas del BA, y de que ellos no son mutuamente exclusivos, sino complementarios.

Evaluar el bienestar del ganado debería ser un proceso multi-disciplinar, ya que la observación de distintos tipos de variables resulta la forma más comprensiva de llevar a cabo tal tarea, en cualquier sistema de producción animal (WQC, 2009). En ello está implícito un escenario problemático, dentro del cual deben examinarse múltiples criterios (Botreau *et al.*, 2007). La evaluación del BA involucra un procedimiento para obtener datos que permitan juzgar el bienestar individual y colectivo en rodeos ganaderos, sobre la base del conocimiento científico y razonamiento ético (Whay, 2011). En la elaboración de protocolos de evaluación del BA, los científicos son conscientes de que debe apuntarse a una valoración integral del sistema ganadero, la que necesariamente conlleva a decisiones de naturaleza ética (WQC, 2009). La evaluación del BA está influenciada por los valores éticos, pero será más fácil de realizarla cuanto más se conozca acerca de los factores que afectan el BA, y cómo ellos interactúan, bajo un sistema ganadero particular (Sejian *et al.*, 2011). Al evaluar el BA, se utiliza la ciencia para examinar el efecto del sistema de producción sobre el estado animal, la legislación vigente para inspeccionar el ajuste a normas de manejo de los animales, y la ética para abordar la moralidad sobre el modo en que son tratados los animales (Main y Webster, 2011).

## **12- Desarrollo de protocolos de evaluación del bienestar del ganado.**

El desarrollo de protocolos de valor práctico, para la evaluación del BA, ha sido objeto de investigación extensiva en especies de uso ganadero (Bartussek, 1999). Las técnicas utilizadas para evaluar el BA en la ganadería se han venido desarrollando y mejorando continuamente, destacándose la rapidez con la que son adaptadas y aplicadas a distintas condiciones de producción animal (Whay, 2007). La utilidad de toda metodología de evaluación del BA, dependerá de la situación específica a la cual se aplicará, y de la

visión ética de las partes interesadas en el problema (Ferguson *et al.*, 2013). Las distintas dimensiones problemáticas de la ganadería deben ser tenidas en cuenta, al desarrollar protocolos de evaluación del BA (Kirchner, 2012). Las evaluaciones del BA requieren de un enfoque de trabajo basado en un mínimo de diferentes criterios e indicadores que surjan del acuerdo entre todas las partes interesadas de la cadena de valor del producto ganadero (Botreau *et al.*, 2007), y que permitan obtener una visión integral del estado de los animales (Stilwell, 2016). Todo sistema de diagnóstico del BA, a utilizarse en establecimientos ganaderos, debería responder a las preguntas siguientes (Main y Webster, 2011):

- (1) ¿cuál es el impacto del sistema de producción sobre los animales?
- (2) ¿es aceptable el manejo de acuerdo a la legislación vigente en materia de BA?
- (3) ¿es aceptable el estado de los animales de acuerdo a patrones de BA aplicables?

El sistema ideal de evaluación del BA será aquel que reúna una serie de requisitos como los siguientes (Ferguson *et al.*, 2013): (1) validez de sus mediciones basada en evidencias científicas; (2) capacidad de ponderación diferencial entre distintos ítems de evaluación mediante un marco resolutivo; (3) integración de los ítems de evaluación ponderados en una calificación global; (4) disponibilidad de una escala de valores umbrales de los ítems de evaluación, correspondientes a distintos niveles de bienestar; y (5) factibilidad, repetibilidad y confiabilidad de las medidas a ser observadas en la evaluación. Los protocolos de evaluación del BA, no solo tienen que basarse en principios científicos y poseer confiabilidad y repetibilidad, sino también poseer practicidad de aplicación en los sistemas ganaderos (Marchewka, 2015). Además de atenderse al requerimiento de demostrar la validez del sistema de evaluación del BA, deberían volcarse esfuerzos a mejorar la interpretación de datos y la aplicabilidad de los protocolos (Ferguson *et al.*, 2013). Todo protocolo de evaluación del BA resultará adecuado, si presenta una combinación de indicadores que refleja eficientemente el bienestar integral del animal, además de practicidad en la aplicación en el sistema ganadero (Stilwell, 2016). A pesar de la necesidad de ellos, actualmente no se disponen de sistemas de evaluación del BA que estén enteramente validados, y resulta problemático encontrar alguno entre ellos que sea aceptable para todas las partes interesadas (Ferguson *et al.*, 2013). Aquellos protocolos de evaluación del BA que sean sencillos de aplicar, y fáciles de entender por ganaderos y

técnicos, son los que tendrán mejores posibilidades de ser adoptados (Marchewka, 2015). Se debería dar prioridad a la mejora de la confiabilidad de los métodos de evaluación del BA, así como a la reducción de su complejidad e invasividad (Ferguson *et al.*, 2013).

Existe una necesidad importante de que los métodos de evaluación del BA cuenten con su correspondiente validación científica (Turner y Dwyer, 2007). Uno de los objetivos de la investigación científica, al abordar el problema del bienestar del ganado, es desarrollar métodos que permitan evaluar el BA de una forma objetiva (Fernández González, 2013; Ferguson *et al.*, 2013). Los protocolos de evaluación del BA deben tener una base científica que los haga confiables, y disponer de herramientas cuidadosamente elaboradas para su aplicación (Boteau *et al.*, 2007). Además de contribuir al desarrollo de sistemas de evaluación del BA que sean factibles, válidos y repetibles, para asegurar que los establecimientos ganaderos se puedan adecuar a patrones establecidos de BA, los científicos pueden involucrarse directamente con los ganaderos para implementar modificaciones con el fin de mejorar el bienestar y la productividad de los animales (Main, 2009). Los protocolos de evaluación del BA ganarán confiabilidad, en la medida que la ciencia aporte más estudios que mejoren su validez a largo plazo (Kirchner, 2012). La investigación científica tendrá, por delante, el rol de continuar con el refinamiento de metodologías y medidas de evaluación del BA en la ganadería (Ribó y Blokhuis, 2012).

Con la finalidad de evaluar el BA en diferentes sistemas de producción ganaderos, se han desarrollado una variedad de métodos, varios de ellos en países europeos (Wemelsfelder y Lawrence, 2001; Thomas *et al.*, 2010). En el diseño de tales protocolos ha sido importante la experiencia de productores ganaderos, así como la opinión de otros actores de la cadena de valor de productos animales (AWIN, 2015). La construcción de sistemas de evaluación del BA da lugar a la participación de elementos como los siguientes (Ferguson *et al.*, 2013): (1) conceptos de lo que se considera un BA bueno; (2) modelos biológicos del animal que integren sus interacciones sociales y con el entorno medio-ambiental; y (3) el proceso para implementar la valoración del nivel de BA. Según Main (2009), la evaluación del BA puede variar de acuerdo a características tales como el tipo de mediciones a realizar y la forma de computar los resultados. La elección de metodologías y medidas a aplicarse, en la evaluación del BA, estará influenciada por el sistema ganadero y

la especie animal (Ferguson *et al.*, 2013). El diseño de protocolos de evaluación va a depender de si su finalidad es certificar o controlar el nivel de BA en determinados establecimientos ganaderos, comparar el nivel de BA entre distintos sistemas de producción, o servir como herramienta de asesoramiento para permitir que los ganaderos identifiquen, prevengan o solucionen problemas de BA en sus establecimientos (Johnsen *et al.*, 2001). En la evaluación del BA, los valores éticos tendrán influencia en la elección de medidas a registrar, la interpretación de los datos obtenidos y su ponderación diferencial cuando tales observaciones se usen combinadas (Ferguson *et al.*, 2013).

Común a todo protocolo de evaluación del BA para predios ganaderos, se presentan dos necesidades metodológicas, siendo una de ellas la colección de un considerable número de datos en un tiempo de inspección que sea lo más breve posible, mientras la segunda implica la integración de la información obtenida en juicios de valoración balanceados del bienestar de los animales (Wemelsfelder y Lawrence, 2001). Para que un sistema de evaluación del BA sea operativo, las mediciones a las que recurre deben ser válidas, confiables, fáciles de implementar por personas entrenadas y de bajo insumo de tiempo (Winckler, 2008). La implementación de protocolos de evaluación del BA puede presentar limitaciones, tales como su complejidad de criterios a evaluar, alta demanda de tiempo en cada inspección a establecimientos ganaderos, perturbación de animales y actividades ganaderas, y dificultades en la observación de emociones (Marchewka, 2015). En establecimientos ganaderos de grandes dimensiones se presenta una situación de compromiso entre el tiempo de inspección y el número de animales que pueden examinarse, razón por la cual la evaluación del BA debe realizarse sobre una muestra de animales que sea representativa, y aporte información del rodeo en general (Marchant-Forde, 2015).

Los protocolos de evaluación se estructuran de manera de presentar las medidas colectadas en el predio ganadero y en el sitio de faena, además de los grados de BA calculados mediante la valoración integral de medidas observadas (Ribó y Blokhuis, 2012). Se reconoce la necesidad de una metodología de evaluación del BA de carácter holístico, que permita la integración comprensiva de distintas medidas observadas bajo un enfoque reduccionista, durante la inspección del predio ganadero, en juicios que sean exactos para la

valoración del estado general de bienestar de los animales (Wemelsfelder y Lawrence, 2001). Para la evaluación del BA es importante la construcción de un índice global que combine diversas medidas, y que le atribuya el peso informativo que le corresponda a cada una de ellas, problema al que los modelos matemáticos aplicados a procesos biológicos podrían brindar una solución (Ferguson *et al.*, 2013). Esencialmente se requiere de un procedimiento de evaluación del BA que sea integral, por el cual se computen todos los tipos de información colectada, de manera confiable y al mismo tiempo, y de verificarse resultados contradictorios en la valoración final, se optará por darle prioridad a aquellas medidas sobre las que exista mayor confianza (Wemelsfelder y Lawrence, 2001).

En la evaluación del BA, se presenta la necesidad de disponer de metodologías que permitan aportar resultados fiables sobre el estado de bienestar de los animales, en cualquier tipo de sistema de producción (Turner y Dwyer, 2007). Los trabajos publicados demuestran que el desarrollo de métodos de evaluación del BA ha tenido un fuerte énfasis en sistemas ganaderos de tipo intensivo (Petherick y Edge, 2010), mientras que los sistemas extensivos han sido casi ignorados (Turner y Dwyer 2007). Esta prioridad para los sistemas ganaderos intensivos, encuentra explicación en que las consecuencias negativas de factores ambientales de riesgo se diseminan rápidamente en sitios con una elevada concentración de numerosos animales y, además, en la facilidad de realizar observaciones regularmente sobre la condición de los animales (Petherick y Edge, 2010). La evaluación del BA en sistemas intensivos involucra, frecuentemente, observaciones sobre las condiciones de alojamiento de animales, su conducta en dicho contexto ambiental y sus registros de salud, las cuales son de difícil implementación en la ganadería extensiva (Turner y Dwyer, 2007). En sistemas ganaderos intensivos, las metodologías de evaluación del BA frecuentemente enfatizan el contacto cercano con los animales (Llonch Obiols, 2011). La extrapolación de metodologías creadas para sistemas ganaderos intensivos, a los extensivos, presenta varias limitaciones ya que, para los últimos, los medios ambientales son más heterogéneos y el contacto con los animales es poco cercano (Turner y Dwyer, 2007).

En condiciones de ganadería extensiva, la dispersión de los animales en grandes áreas de pastoreo limita la oportunidad de observar frecuentemente a los animales (Petherick y Edge, 2010). La observación de los animales en predios de ganadería extensiva

puede constituir un problema dependiendo de la época del año y del clima (Llonch Obiols, 2011). En sistemas ganaderos extensivos, eventos tales como la parición y encierres para exámenes y tratamientos sanitarios, representan oportunidades de observación de animales que posibilitan la evaluación de su estado de salud, aspecto físico y calidad de manejo (Turner y Dwyer, 2007). Esta forma de seguimiento del BA presenta la debilidad de que no se realiza regularmente y que informan de eventos ya ocurridos, impidiendo una corrección temprana de problemas eventuales (Petherick y Edge, 2010). La densidad de la vegetación en los sitios de pastoreo, la definición de la muestra de animales a utilizar para la realización de observaciones sobre su bienestar, la topografía del terreno y la presencia de animales peligrosos como las serpientes venenosas, imponen restricciones al acercamiento a los rodeos ganaderos para su observación (Huertas *et al.*, 2009). El examen minucioso de los animales criados en condiciones extensivas es problemático, en general, ya que ellos pueden mostrar una mayor reactividad y distancias de huida más grandes ante la presencia de humanos, que en sistemas intensivos (Llonch Obiols, 2011). Por ejemplo, las observaciones de conductas animales en sistemas ganaderos extensivos pueden no ser representativas, debido a respuestas emocionales de miedo al contacto cercano con personas (Huertas *et al.*, 2009).

Por otro lado, existe la preocupación sobre cuán representativa son las observaciones realizadas sobre los animales en sistemas ganaderos extensivos, considerando la amplia variabilidad del entorno ambiental, que puede cambiar abruptamente en asociación con contingencias meteorológicas, desastres ecológicos o ataque de predadores (Petherick y Edge, 2010). Bajo un contexto ganadero con variaciones ambientales estacionales, el muestreo de todos los micro-ambientes posibles no resulta práctico pero, sin embargo, una evaluación general de la adecuación del genotipo animal a la oferta cuali-cuantitativa de forraje puede ser muy relevante para la evaluación del BA (Turner y Dwyer, 2007). La definición de la muestra de animales a utilizar, a los fines de realizar observaciones sobre su bienestar, está fuertemente influenciada por el tamaño de los predios y rodeos ganaderos (Huertas *et al.*, 2009). Los enfoques de evaluación del BA para sistemas ganaderos extensivos deben ser altamente flexibles, y utilizarse de manera cauta debido a que su exactitud es muy sensible a factores ambientales (Turner y Dwyer,

2007). Los resultados de trabajos preliminares, desarrollados sobre sistemas de ganadería extensiva de América Latina, revelaron restricciones en la aplicación de protocolos de evaluación del BA, las que se vincularan con el tamaño de predios y rodeos ganaderos, el sistema pastoril de obtención de alimento, la identificación de animales y, ocasionalmente, los factores meteorológicos (Huertas *et al.*, 2009).

### **13- Medidas utilizadas en la evaluación del bienestar del ganado.**

Como son diversos los modos en que, biológicamente, los animales responden a los desafíos de su entorno ambiental, existen varias medidas que son de aplicación a la evaluación del BA (Broom, 2017). El rango de medidas al que se ha recurrido con dicho fin es amplio, desde aquellas relacionadas con aspectos animales tales como salud, conductas, estados afectivos, genotipo y productividad, a otras que tienen que ver con las provisiones del entorno ganadero, como son los recursos medio-ambientales y las prácticas de manejo (Ferguson *et al.*, 2013). Bajo la consideración de dicho espectro de variables se reconocen, formalmente, dos enfoques metodológicos centrales para la evaluación del BA, uno basado en medidas registradas sobre los animales, y otro que recurre a observaciones de las provisiones del entorno ganadero (Whay, 2011; Bach *et al.*, 2016). El ambiente físico, su dotación de recursos y las prácticas de manejo, de determinado predio ganadero, son factores que afectan el BA de los animales, mientras estos últimos tratan de adaptarse a los elementos de dicho entorno mediante respuestas fisiológicas y conductuales (AWIN, 2015). Los sistemas de evaluación del BA comenzaron a desarrollarse en Europa, sobre la base de medidas relacionadas con las provisiones del entorno ganadero (Sejian *et al.*, 2011). Las medidas utilizadas para evaluar el BA deberían ofrecer, en lo posible, la oportunidad de revelar las consecuencias de largo plazo de las prácticas ganaderas (Marchewka, 2015). Una restricción importante, para los sistemas de evaluación del BA, es que no todas las observaciones sobre los animales y provisiones del entorno ganadero son factibles de ser cuantificadas (Ribó y Blokhuis, 2012). En la evaluación del BA puede recurrirse, tanto a observaciones objetivas que tienen carácter cuantitativo, como a otras que requieren una valoración subjetiva (Petherick y Edge, 2010). Por ejemplo, la tasa de ganancia de peso es

una medida de tipo cuantitativo, mientras que la observación de lesiones cutáneas tiene carácter cualitativo (Ferguson *et al.*, 2013).

Uno de los aspectos de mayor incidencia, en el problema del BA, se asocia a las provisiones del entorno ganadero, definidas como todos los elementos del ambiente externo al que se exponen los animales, los cuales condicionan sus vidas vegetativa y de relación (Barbari *et al.*, 2007). Las medidas basadas en las provisiones del entorno ganadero pueden incluir observaciones sobre, por ejemplo, espacio físico para la alimentación, edad de destete, estrategias de alimentación con suplementos y tratamientos con antibióticos (POAHAWEFSA, 2012). Las observaciones de las provisiones del entorno ganadero representan una manera más indirecta de evaluar el BA, pero con una naturaleza menos subjetiva, y encuentran sustento en el concepto de que si la provisión de recursos medioambientales y las prácticas de manejo son adecuadas, el nivel de BA debería ser bueno (Whay, 2007). En la actualidad, la mayoría de los sistemas de evaluación del BA, aplicados a la ganadería, se basan en medidas sobre las provisiones del entorno ganadero (Marchant-Forde, 2015), enfoque que resulta atractivo debido a su implementación simple, rápida y confiable (Winckler, 2008; Ferguson *et al.*, 2013). Las mediciones basadas en las provisiones del sistema ganadero tienen la ventaja de ser objetivas y repetibles y, por lo tanto, más fáciles de obtenerse que las basadas en la observación directa de los animales (Whay *et al.*, 2003). Un atributo deseable en las medidas a seleccionar para la evaluación del BA, es su facilidad de aplicación, y esto último favorece la elección de variables asociadas a las provisiones del entorno ganadero (Johnsen *et al.*, 2001). Además de su fácil obtención, las medidas basadas en las provisiones del entorno ganadero probablemente resulten ser más consistentes a través del tiempo, en comparación con realizadas sobre los animales (POAHAWEFSA, 2012).

Las evaluaciones de BA basadas en las provisiones del entorno ganadero tienen la ventaja de proveer información para prevenir problemas severos para los animales, conociéndose las condiciones pre-definidas para asegurar un bienestar mínimo (Marchewka, 2015). Cuando el objetivo de evaluar el BA fuera comparar sistemas de producción entre distintos predios, o certificar las condiciones de tratamiento de los animales a las que apunta el productor para su establecimiento, sería suficiente con la

realización de observaciones sobre las provisiones del entorno ganadero (Johnsen *et al.*, 2001). Como ejemplos de protocolos de evaluación del BA, basados únicamente en las provisiones del entorno ganadero, pueden mencionarse el danés “Animal Needs Index” (Bartussek, 1999) y el británico “Freedom Food Scheme” (RSPCA, 2010). Las medidas basadas en las provisiones del entorno ganadero deberían considerarse como factores de riesgo para el BA (POAHAWEFSA, 2012; AWIN, 2015), por ser variables que tienen un rol causal sobre el bienestar del ganado (Rousing *et al.*, 2000; EFSA, 2015). Sin embargo, una buena dotación de provisiones del entorno ganadero, entre las que se incluyen los recursos medio-ambientales y las prácticas de manejo, no son necesariamente garantía de que se alcance un nivel óptimo de BA (Winckler, 2008; Marchewka, 2015). Las provisiones del entorno ganadero implican factores que afectan potencialmente el BA, pero no necesariamente informan sobre el estado real del mismo (Llonch Obiols, 2011). La validez de medidas basadas en las provisiones del entorno ganadero, como medio para la evaluación del BA, ha sido objeto de críticas por varios especialistas en la materia (Roe *et al.*, 2011). La utilización de información sobre las provisiones del entorno ganadero, en la evaluación del BA, adolece de algunas limitaciones como la falta de conocimiento sobre varios factores específicos de diferentes sistemas de producción, y los efectos de interacción entre distintas variables (Rousing *et al.*, 2000).

La aplicación de medidas registradas sobre los animales, en la evaluación del bienestar del ganado, tuvo sus comienzos en Inglaterra (Marchewka, 2015). Los avances que la ciencia generó en los últimos años, en el área de la evaluación del BA en sistemas ganaderos, se han concentrado en el diseño de protocolos basados en medidas registradas sobre los animales (Ribó y Blokhuis, 2012; Marchewka, 2015), que puedan ser utilizadas por inspectores, profesionales veterinarios y ganaderos (Broom, 2016). Tal esfuerzo queda evidenciado a través de los numerosos proyectos de investigación que se han venido desarrollando, sobre todo en Europa, recurriendo a dicho enfoque metodológico (EFSA, 2015). Las medidas basadas en los animales representan una innovación metodológica, en la evaluación del BA, que está siendo incorporada y probada en la inspección de predios ganaderos (Roe *et al.*, 2011). Para la evaluación del BA sobre la base de medidas animales, éstas deberían tener relación, primariamente, con observaciones de condición de salud y

conductas (Winckler, 2008, Petherick y Edge, 2010). Las medidas basadas en los animales pueden dividirse, a grandes rasgos, en conductuales, patológicas y fisiológicas, siendo estas últimas de difícil implementación (Winckler, 2008). Por ejemplo, entre dicho tipo de medidas se pueden incluir observaciones sobre conducta alimentaria, rengueras, enfermedades clínicas, condición corporal, tasa de ganancia de peso y mortalidad, pudiéndose recurrir a los registros ganaderos como fuente de información para algunas de ellas (POAHAWEFSA, 2012). Normalmente, las observaciones relacionadas con la condición de salud se realizan de modo directo, mientras que las concernientes a conductas se abordan en forma indirecta (Marchant-Forde, 2015).

Las medidas basadas en el animal permiten evaluar su nivel de bienestar con mayor confiabilidad, ya que brindan información más directa sobre cómo lo afectan los factores medio-ambientales del entorno ganadero (Whay, 2007; AWIN, 2015). Por lo tanto, se considera que ellas reflejan con mayor exactitud la respuesta animal a las condiciones del medio ambiente al que se expone (Ferguson *et al.*, 2013). Las medidas basadas en los animales son relevantes para evaluar el estado actual de BA en los rodeos ganaderos, ya que son indicativas de respuestas del animal que tienen incluidos los efectos de las provisiones del entorno ganadero (Winckler, 2008; POAHAWEFSA, 2012; EFSA, 2015). Una ventaja clave de las medidas basadas en los animales es que, aun cuando la variación de condiciones dentro de y entre regiones geográficas, y sistemas de producción, pueda atenuarse con diferentes prácticas de manejo, ellas mantienen su consistencia con los requerimientos legales sobre el BA (Ferguson *et al.*, 2013). Este tipo de medidas es aplicable a cualquier sistema de producción ganadero, a la vez que proporcionan información directa sobre el estado de los animales (Llonch Obiols, 2011).

Las medidas basadas en el animal son los indicadores más apropiados de BA, y una combinación de ellos, seleccionada cuidadosamente, puede utilizarse para evaluar el BA de un determinado predio ganadero de manera válida y robusta (POAHAWEFSA, 2012). Sin embargo, su aplicación requiere de que se minimicen la subjetividad y el sesgo del observador (Whay *et al.*, 2003). Por otro lado, la colección de datos sobre medidas basadas en los animales requiere de un mayor esfuerzo operativo, cuando se las compara con las basadas en las provisiones del entorno ganadero (Ferguson *et al.*, 2013). Las medidas

basadas en los animales están supeditadas a un nivel elevado de subjetividad y la interpretación de su significancia para los animales implica un gran desafío (Whay, 2007). Aunque este tipo de medidas está recibiendo una consideración creciente debido a su modo más válido de evaluar el BA, su utilidad práctica en programas de garantía de calidad para predios ganaderos es motivo de cuestionamientos (Roe *et al.*, 2011). Por otro lado, existe una brecha entre el desarrollo científico de medidas basadas en los animales y su aplicación en la práctica, ya que las partes interesadas en el problema del BA pueden exhibir una demanda selectiva por algunas de ellas que se ajuste a sus propósitos (EFSA, 2015). Cuando se aplican a los sistemas ganaderos extensivos, las medidas basadas en los animales resultan muy problemáticas, debido a que su utilización es más dificultosa que en los sistemas intensivos (Turner y Dwyer, 2007; Ferguson *et al.*, 2013).

En la inspección de predios ganaderos, algunas medidas basadas en los animales pueden considerarse de elevada utilidad, no por evidenciar un problema actual, sino porque actúan como indicadores del inicio de una cascada de efectos que conducen a un deterioro del BA, y que deben evitarse (POAHAWEFSA, 2012). Las medidas basadas en los animales resultan herramientas valiosas para la realización de pruebas-diagnóstico del BA, pudiendo ser respuestas a eventos acotados en el tiempo, como pueden ser lesiones traumáticas y muertes, o al efecto crónico de factores que determinan, por ejemplo, rengueras y la condición corporal (EFSA, 2015). Tales mediciones indican cómo ha sido el nivel de BA, en el período previo al momento de evaluación (Broom, 2017). Bajo escenarios que demandan el diagnóstico de problemas de BA a nivel de rodeos, y el asesoramiento acerca de cómo mejorar el bienestar de los animales en establecimientos ganaderos, la utilización de medidas basadas en los animales es un requisito fundamental (Johnsen *et al.*, 2001). La cuantificación del efecto del sistema de producción sobre el BA, mediante evaluaciones basadas en medidas animales, es esencial para brindar transparencia en la cadena de valor del producto ganadero, y para implementar y evaluar mejoras sobre tal problemática (Ribó y Blokhuis, 2012).

Los protocolos de evaluación del BA que se basan en medidas tomadas sobre los animales tienen la finalidad de brindar información a quienes manejan ganado, sobre el estado de bienestar de sus rodeos, y a los consumidores para identificar la forma en que se

obtuvo el producto (Kirchner, 2012). El uso de mediciones basadas en respuestas de los animales resultan valiosas, normalmente, cuando se aplican a cuestiones que tienen que ver con marcos normativos y patrones de BA (Broom, 2017). La determinación del estado de BA mediante medidas de respuesta animal, en rodeos bovinos de carne en Europa, recurre a una base científica sólida, informa a los consumidores sobre las condiciones de bienestar de los animales que dieron origen al producto y promueve mejoras mediante marcos legales y programas de calidad garantizada (Kirchner, 2012). La evaluación del BA basada en medidas tomadas sobre los animales ha tenido buena aceptación entre los ganaderos y se ha constituido como una base útil para la comunicación de mejoras en el abordaje de la problemática (Leeb, 2011). En Europa, la formulación de protocolos de evaluación del BA basados en medidas tomadas sobre los animales, tienen objetivos para la mejora que son compartidos por ganaderos involucrados en la producción bovina de carne, lo que abre paso a su implementación de modo voluntario (Kirchner, 2012).

Para la evaluación del BA, entre los protocolos diseñados en base a medidas observadas sobre el animal, se destacan los denominados “Welfare Quality” (WQC, 2009) y “Animal Welfare Indicators” (AWIN, 2015), que surgieron de proyectos de investigación con origen en Europa. La aplicación de este tipo de protocolos, en establecimientos ganaderos europeos, contemplan el abordaje de cuatro principios basados en los animales (Botreau *et al.*, 2007): (1) obtención de nutrientes; (2) confortabilidad física; (3) condición de salud; (4) conducta exhibida. Para ello se debe recurrir al examen de un rango amplio de variables a evaluar, y entre ellas pueden citarse (Sejian *et al.*, 2011): (1) disfunciones animales asociadas a lesiones físicas, enfermedades y nutrición inadecuada; (2) cambios conductuales, fisiológicos e inmunológicos; (3) estados afectivos resultantes del grado de satisfacción de necesidades animales, teniendo en cuenta motivaciones, preferencias y aversiones. Cada uno de los cuatro principios de evaluación antes mencionados, que en general son considerados relevantes por los consumidores, llevan implícitas preguntas generales sobre el estado animal, tales como (Botreau *et al.*, 2007):

- (1) ¿resultan apropiados sus suministros de alimento y agua de bebida?
- (2) ¿se encuentra en confort en las condiciones del hábitat al que se expone?
- (3) ¿goza de una condición óptima de salud?

(4) ¿refleja su conducta estados emocionales positivos?

En estos protocolos de evaluación basados en medidas tomadas sobre los animales, para algunos criterios no se cuenta con observaciones que sean satisfactorias en términos de validez, confiabilidad y factibilidad, por lo que debe recurrirse a medidas basadas en las provisiones del entorno ganadero como, por ejemplo, la disponibilidad de agua de bebida y planes sanitarios (Ribó y Blokhuis, 2012). La consideración de este último tipo de variables, en protocolos como “Welfare Quality” y “Animal Welfare Indicators”, tendrá sustento cuando ellas estén altamente correlacionadas con medidas basadas en los animales, y sean factores causales importantes de problemas para el BA (Winckler, 2008).

En la práctica, la evaluación del BA implica una combinación de observaciones basadas en los animales y las provisiones del entorno ganadero, con cierto sesgo hacia alguno de los dos tipos de medidas en cada caso particular (Whay, 2007). Por ejemplo, los programas de garantía de calidad consideran a las variables propias de los animales y provisiones del entorno ganadero en conjunto, al abordar la evaluación del BA, aunque las primeras están teniendo una demanda incrementada en su utilización (Petherick y Edge, 2010). Para asegurar un buen estado de BA en la producción ganadera, por un lado se necesita reducir los riesgos para el bienestar de los animales, teniendo en cuenta información que surja de medidas basadas en las provisiones del entorno ganadero y, por el otro, realizar controles frecuentes del estado actual de bienestar de los rodeos a través de observaciones basadas en los animales (POAHAWEFSA, 2012). Tanto las medidas basadas en las provisiones del entorno ganadero, así como las basadas en los animales, son requeridas para maximizar la utilidad de todo sistema de evaluación del BA (Webster *et al.*, 2004). La evaluación del BA resultará más eficiente, y contribuirá a que se obtenga una mejor perspectiva de eventuales problemas, cuando al mismo tiempo se computen distintos tipos de mediciones para tal fin (Wemelsfelder y Lawrence, 2001; Broom, 2017). Por lo tanto, sería conveniente que los sistemas de evaluación del BA incluyeran una combinación de observaciones sobre las provisiones del entorno ganadero y medidas realizadas sobre los animales (Rousing *et al.*, 2000).

#### **14- Indicadores de bienestar bovino relacionados con la nutrición.**

Los protocolos de evaluación del BA, aplicados a predios ganaderos, se valen de una serie de variables medibles que aportan indicios sobre posibles anomalías para el bienestar de los animales (Damián y Ungerfeld, 2013). Para que sea conveniente la inclusión de un indicador, en protocolos operativos de evaluación del BA, se ha reconocido que debería reunir una serie de condiciones como las siguientes (Rousing *et al.*, 2000; Fernández González, 2013): (1) validez en base a conocimiento científico; (2) sensibilidad para detectar cambios a lo largo del tiempo; (3) fiabilidad para manipularse con escaso margen de error y con acuerdo entre evaluadores y entre diferentes observaciones del mismo evaluador; (4) viabilidad en su aplicación a predios ganaderos bajo un marco de evaluación realista; (5) suministro de la máxima información posible para trabajarse en combinación con la aportada por otros indicadores; (6) relevancia como sistema de soporte para la toma de decisiones del ganadero.

Al momento de seleccionar indicadores de BA, hay que considerar aspectos económicos y prácticos, pero también la información que brinda cada uno en forma aislada, ya que no todos ellos son aplicables a las distintas condiciones que surgen de cada sistema de producción ganadera particular (Damián y Ungerfeld, 2013). Los indicadores de BA deben estar bajo una observación continua por el productor ganadero, pero también deben ser conocidos por los empleados de su establecimiento y profesionales que le brindan servicios zootécnicos, de modo tal que ellos se utilicen de manera activa (SENASA, 2015), para eventualmente elaborar medidas preventivas o correctivas ante posibles problemas. A grandes rasgos, los indicadores de BA se pueden clasificar de acuerdo a su naturaleza, en las categorías siguientes (Damián y Ungerfeld (2013): (1) fisiológicos; (2) sanitarios; (3) conductuales; (4) zootécnicos; (5) de recursos medio-ambientales; (6) de manejo ganadero. Como puede observarse en tal espectro de indicadores, ellos pueden estar asociados a medidas basadas en los animales, o en las provisiones del entorno ganadero. A continuación se realizará una breve revisión de cada tipo de indicador y se destacarán los casos que tengan relación con el aspecto nutricional de los animales.

Los indicadores fisiológicos involucran observaciones sobre la intensidad de funciones vegetativas, concentración de metabolitos en fluidos corporales, abundancia de

células sanguíneas y aspectos de las deyecciones. Entre ellos, Damián y Ungerfeld (2013) mencionan ritmo cardíaco, frecuencia respiratoria, temperatura corporal, concentración sérica de factores hormonales como adrenocorticotrofina, glucocorticoides y catecolaminas, concentración sanguínea de glucosa, lactato, ácidos grasos de cadena larga no esterificados, creatina fosfoquinasa, fibrinógeno y proteínas inmunitarias de fase aguda, y conteo de eritrocitos y distintos tipos de leucocitos. Entre los indicadores generales de estrés, se incluyen medidas de intensidad de las funciones cardíaca y respiratoria, temperatura corporal y perfil hormonal. Los factores hormonales asociados a la actividad del eje hipotálamo-hipofisiario-adrenocortical, y el sistema simpático-adrenomedular, se relacionan con respuestas de estrés y, por lo tanto, revisten gran importancia como indicadores de BA (Romero Peñuela *et al.*, 2011). Por ejemplo, el aumento del cortisol en circulación sanguínea es fundamental para desencadenar mecanismos adaptativos, al exponerse el animal a factores estresantes (Hernández Cruz, 2014). El nivel de cortisol, en circulación sanguínea, se constituye en un buen biomarcador para la evaluación de estrés crónico (Romero Peñuela *et al.*, 2011). Sin embargo, pueden evidenciarse algunas dificultades en la interpretación de los indicadores usados para evaluar el estrés (Damián y Ungerfeld, 2013). Concentraciones elevadas de ácidos grasos de cadena larga no esterificados, cuerpos cetónicos ( $\beta$ -hidroxibutirato, acetoacetato y acetona) y urea, y reducidas de glucosa, son indicadores de cuadros de subnutrición en el ganado (Romero Peñuela *et al.*, 2011). Otros indicadores sanguíneos, que pueden asociarse con estados de desnutrición en ganado, son concentraciones elevadas de albúmina (Agenäs *et al.*, 2006), y reducidas de fructosamina (Armbruster, 1987). Valores elevados en sangre de osmolaridad, volumen total ocupado por células circulantes, y concentraciones de albúmina y proteína total, pueden constituirse en un indicador de consumo de agua reducido o deshidratación (Romero Peñuela *et al.*, 2011). Si bien, muchos de los indicadores sanguíneos aportan buena información, en general son poco prácticos para usar a nivel de campo, además de que los costos de las mediciones pueden ser una limitación para su utilización (Damián y Ungerfeld, 2013).

Entre las deyecciones animales, la orina es una matriz líquida que puede también aportar biomarcadores relacionados con el BA. Por ejemplo, en casos de bovinos afectados

por cetosis, la detección y cuantificación de cuerpos cetónicos en orina es una herramienta interesante de diagnóstico (Saborío Montero, 2012). La materia fecal puede utilizarse como un indicador cualitativo de la interacción animal-dieta, examinando su color, contenido, olor, forma de deposición y consistencia. Para este último atributo se suele recurrir a una escala de calificación en la práctica, como la descrita por Bavera y Peñafort (2006) que considera cinco categorías, siendo ellas (1) chirle, (2) blanda, (3) balanceada, (4) firme y (5) dura, secuencia que se relaciona con un aumento de la concentración de fibra vegetal en la dieta. Este tipo de indicador es útil para evaluar la provisión de fibra efectiva por la dieta, y por ende la salud ruminal.

El BA tiene íntima relación con el nivel sanitario de los rodeos y, cualquier factor de estrés puede derivar en que disminuyan las defensas inmunitarias de los animales, posibilitando que los agentes patógenos tengan mayores chances de provocar enfermedades (Hernández Cruz, 2014). Una nutrición inadecuada puede inducir respuestas de inmunosupresión en el animal, y con ello favorecer la incidencia de enfermedades (Broom, 1996). Como indicadores sanitarios, se pueden utilizar índices de morbilidad y mortalidad (Damián y Ungerfeld, 2013), acompañados también de información de causas de descarte y muerte de animales (Hernández Cruz, 2014). La mortalidad debe ser considerada como un indicador negativo de salud y bienestar, y cuando ocurre a tasas elevadas, casi siempre se vincula con una pobre calidad de vida de los animales (Garcez-Mercado, 2013). Entre los indicadores de salud con relevancia en la evaluación del BA, Sørensen *et al.* (2001) propusieron el registro de enfermedades clínicas, presencia de ectoparásitos, lesiones cutáneas, rengueras y estimaciones de condición corporal. A ellos pueden agregarse otros indicadores, tales como el estado de articulaciones de las extremidades (Main y Webster, 2011), lesiones podales (Hernández Cruz, 2014), secreciones oculares (Marchant-Forde, 2015) y la condición del pelaje (Muñoz *et al.*, 2018). Las lesiones podales pueden ser consecuencia de disfunciones de origen nutricional, como así también de una infraestructura deficiente de los predios ganaderos (Hernández Cruz, 2014).

La estimación de la condición corporal, si bien es subjetiva, tiene valor práctico para evaluar el estado nutricional del ganado (Garcez-Mercado, 2013), siendo informativa de la magnitud de reservas grasas que posee el animal (Moran y Doyle, 2015). La condición

corporal es una herramienta de relativamente fácil medición, que es útil para el seguimiento de la salud y la nutrición de los animales, a lo largo de las diferentes etapas productivas (Hernández Cruz, 2014). La utilización de indicadores de repuesta animal crónica, como la condición corporal, aporta a la evaluación de la evolución del BA desde el último evento de inspección (Turner y Dwyer, 2007). Una condición corporal adecuada es muy importante para sostener niveles óptimos de producción, reproducción y salud en el ganado (Garcez-Mercado, 2013). En sistemas ganaderos extensivos, la variación de disponibilidad y calidad de forraje durante el ciclo productivo induce a cambios en la condición corporal de los animales, realzando la importancia de dicha medida para detectar problemas de BA (Muñoz *et al.*, 2018).

Las conductas del individuo, como resultado de la interacción genotipo-ambiente (Whay, 2011), se constituyen en un indicador ideal del BA, ya que reflejan tanto la condición del medio interno corporal, como el estado psicológico del animal (Nicol, 2011). La observación de la conducta de los animales proporciona información fiable acerca de su bienestar, y tiene la ventaja de que la técnica no es invasiva y no requiere de un equipo complicado (Hernández Cruz, 2014). Entre las conductas que pueden ser utilizadas como indicadores de BA, se pueden enumerar las siguientes (Nicol, 2011): (1) asociadas a enfermedad o dolor; (2) asociadas a frustración y privación; (3) asociadas a buena salud y alegría; (4) estereotipias; (5) redirigidas. Como respuestas conductuales que pueden aportar información útil pueden citarse, por ejemplo, el tiempo dedicado a la rumia, frecuencia de defecaciones y micciones, vocalizaciones, cambios en la postura de descanso y en la secuencia de movimientos normalmente utilizada para echarse o levantarse, desarrollo de estereotipias, y manifestaciones agresivas, de miedo o depresión (Damián y Ungerfeld, 2013).

El estudio de la motivación de conductas, así como de preferencias y aversiones, es altamente relevante para la evaluación del BA (Nicol, 2011). Un enfoque de reciente interés que recurre a indicadores de conducta animal, es el de la evaluación conductual cualitativa, cuyo fin es valorar el lenguaje expresivo del animal, como medio para brindar información sobre su estado emocional y su conducta social (Main *et al.*, 2007). Cambios de conducta que tienen interés como indicadores de BA, y que se relacionan con la nutrición, son la

disminución del consumo dietario y la inhibición de la actividad de rumia (Manteca, 2005). Las estereotipias, como conductas repetitivas sin sentido aparente, en la mayoría de los casos se desarrollan bajo condiciones de motivaciones frustradas (Nicol, 2011), pudiéndose observar, por ejemplo, cuando los animales realizan movimientos exteriorizando su lengua en señal de aburrimiento por estar confinados. Las conductas redirigidas son indicadores útiles de adaptación al ambiente, y tienen especial importancia si ellas son causa de lesiones al animal que las realiza, o a otros congéneres. Por ejemplo, cuando en los terneros no se satisface normalmente su necesidad de mamar, ellos suelen exhibir la conducta redirigida de succionar las orejas, el morro o el escroto de otros animales del grupo (Phillips, 2002). La observación de conductas en sistemas ganaderos extensivos presenta grandes dificultades, las que en parte podrían salvarse recurriendo a la identificación de animales con dispositivos electrónicos de radio-frecuencia (Petherick y Edge, 2010). Esta innovación tecnológica tendría el potencial de ayudar a resolver problemas de seguimiento individual de los animales, ofreciendo una oportunidad interesante de registrar respuestas conductuales en condiciones pastoriles

Los indicadores zootécnicos comprenden medidas relacionadas con la productividad, la eficiencia reproductiva y la salud de los animales de uso ganadero. Entre estos indicadores se pueden incluir medidas de tasa de ganancia de peso, intervalo entre partos, porcentaje de preñez, condición corporal y longevidad, entre otras (Broom, 1996). Las respuestas productivas son de mucha utilidad para analizar el bienestar del ganado, pero su uso como indicadores debe realizarse con cautela (Damián y Ungerfeld, 2013), ya que se pueden mantener buenos niveles producción con niveles bajos de BA que, por ejemplo, pueden quedar enmascarados debido a la administración de antibióticos y promotores del crecimiento (Hernández Cruz, 2014). Un aumento en la producción puede ser un indicador de mejoras en el bienestar de los animales, pero la máxima productividad no es necesariamente indicador de un grado elevado de bienestar (SCAHAW, 2001). La respuesta reproductiva del ganado provee de indicadores que reflejan su estado de bienestar, verificándose que una condición negativa para el BA, como puede ser un estrés nutricional, induce a retrasos de la pubertad, manifestaciones irregulares del ciclo estral y de la ovulación, problemas en la fecundación y etapa temprana de la gestación,

alargamiento del puerperio y demoras del retorno a la actividad reproductiva post-parto (Vásquez Chaigneau, 2017).

Los indicadores asociados a recursos medio-ambientales implican observaciones sobre, por ejemplo, densidad de animales en sitios de alimentación y descanso, disponibilidad de sitios con sombra y reparo, accesibilidad a fuentes de alimento y agua de bebida, transitabilidad del terreno, extremos de humedad y temperatura, calidad y flujo de aire, e intensidad de luz natural (Damián y Ungerfeld, 2013). Ellos toman en cuenta el estado de las instalaciones básicas, como caminos, corrales, alambrados, reparos, mangas, cepos, corrales de encierre y rampas, la cantidad y calidad de comederos y bebederos, las condiciones de estabulación, y la presencia de insectos, plagas y animales silvestres incompatibles con la especie, incluidos posibles predadores (SENASA, 2015). Por otro lado, los indicadores de manejo ganadero toman en cuenta observaciones como la forma y frecuencia de administración del alimento, su disponibilidad, y su calidad nutricional (Damián y Ungerfeld, 2013). A ello se pueden agregar observaciones de velocidad de movimiento y respuestas conductuales ante el arreo, velocidad de movimiento en los bretes de contención, ingreso y salida de la manga, cantidad de resbalones y caídas, nivel de vocalización, modo de arreo de rodeos por los operarios, así como la utilización de perros e instrumentos para inducir el movimiento del ganado (SENASA, 2015). Estos dos últimos tipos de indicadores tienen la desventaja de que no son evaluados directamente en los animales, por lo que no es claro cómo ni cuánto están afectando su bienestar (Damián y Ungerfeld, 2013).

## **15- Consideraciones finales.**

El animal bovino es un legado del Viejo Mundo, que se erigió en un pilar fundamental del desarrollo de la cultura ganadera de producción de carne de Argentina. En los sistemas de producción ganaderos, la nutrición es un factor fundamental determinando la respuesta productiva animal. Además, a ello se agrega la consideración de que el manejo nutricional es clave para asegurar un estado de salud óptimo y elevado bienestar del ganado. Una de las cinco necesidades animales, reconocidas internacionalmente bajo la perspectiva de su bienestar, se refiere a que ellos no deberían padecer ni hambre ni sed

crónicos. Tal enunciado dejaría agotado, en apariencia, el abordaje del tema de la relación entre el bienestar animal y el aspecto nutricional. Sin embargo, el contexto de variables involucradas en dicha relación es más complejo, incluyendo aspectos vinculados con la filogenia, ontogenia, fisiología, salud, psico-biología y situación de alimentación del animal, los cuales no deberían obviarse para componer el escenario de tal problemática. En el desarrollo de este trabajo de revisión, se prestó atención a la comprensión de cómo se vinculan las variables nutricionales, con cada una de las necesidades básicas consideradas internacionalmente como referencia para el BA. De ello se puede concluir que el bienestar del ganado podría verse perjudicado si, por efecto de variables del contexto nutricional, el animal presentara:

- respuestas fisiológicas restringidas, a consecuencia de exponerse a limitaciones en disponibilidad y calidad nutricional de las fuentes de agua de bebida y alimentos;
- disconfort físico a consecuencia de una condición corporal resultante de planos nutricionales inadecuados, o situaciones de alimentación que dan lugar a incomodidad;
- patologías, lesiones físicas o dolores que se asocian a dietas que causan carencias nutricionales, o desencadenan disfunciones en la digestión y el metabolismo tisular;
- emociones negativas, como miedo, angustia y frustración, al exponerse a una situación de alimentación inapropiada;
- conductas alimentarias que no resultaran naturales para su especie, como respuesta a características de la dieta o la situación de alimentación.

En el contexto del problema de la nutrición, las respuestas del animal surgen de su exposición al sustrato alimentario y la situación de alimentación, factores que a su vez pueden afectar el estado de BA. El padecimiento crónico de hambre y sed puede inducir a disfunciones fisiológicas, respuestas de inmuno-supresión y emociones negativas como angustia y frustración. Una alimentación inadecuada puede dar lugar a deficiencias nutricionales, así como trastornos digestivos y metabólicos. Por otro lado, los alimentos pueden contener principios anti-nutricionales, los que pueden afectar el proceso digestivo, la absorción de nutrientes o el metabolismo tisular y, eventualmente, dar lugar a efectos de toxicidad. Una densidad elevada de animales en el sitio de toma de alimento, tanto en pastoreo como en confinamiento, puede generar que los animales dominantes molesten a

otros del rodeo, impidiendo que ellos se puedan alimentar adecuadamente, además de generarles emociones negativas como el miedo. Cuando la presentación del alimento resulta monótona, como es el caso de raciones preparadas para la alimentación a corral, el animal no puede expresar su conducta natural de selección de dieta, situación que puede inducirlo a desplegar estereotipias que se asocian con un sentimiento de frustración.

Para la optimización de su bienestar, es fundamental que los animales se expongan, no solo a un nivel adecuado de ingesta de alimentos y agua de bebida, sino también a un correcto balance de nutrientes que compatibilice un aceptable rendimiento productivo con una buena condición de salud, y situaciones de alimentación que les permita desarrollar una vida libre de estrés y emociones negativas, con exhibición de conductas normales para su especie. El impacto de restricciones nutricionales, sobre la salud del animal, involucra mecanismos de supresión de la respuesta inmunitaria que son complejos, con intervención de factores hormonales. Mientras la cuestión de los requerimientos nutricionales específicos del sistema inmunitario no se ha dilucidado por completo, existe una atención creciente hacia constituyentes de los alimentos, aparte de los nutrientes convencionales, que son conocidos por el nombre de nutricinas y tienen un efecto metabólico positivo para la salud como, por ejemplo, bio-moléculas con acción anti-oxidante.

Durante la segunda mitad del siglo pasado, el crecimiento de la preocupación por el BA, y el desarrollo de la investigación sobre dicho tópico, fueron estimulados mayormente por la toma de conciencia sobre la proliferación de tal problemática con la intensificación de la ganadería. Sin embargo, los sistemas ganaderos extensivos también presentan problemas de BA, aun cuando la imagen de la sociedad sobre dicho tipo de ganadería es en general positiva, al considerarse su forma de crianza al aire libre de los animales. Para la evaluación del BA en los sistemas ganaderos, los protocolos a aplicarse pueden recurrir, tanto a observaciones sobre los recursos medio-ambientales y prácticas de manejo, como a medidas tomadas sobre los animales. Se reconoce como muy importante el registro de indicadores de naturaleza nutricional que, junto con otro tipo de medidas, contribuyan a diagnosticar el estado de bienestar de los animales en los distintos tipos de sistemas de producción ganadera. El BA, no solo afecta la productividad del ganado, sino también la calidad y bioseguridad de los productos pecuarios obtenidos. Los países importadores de

carne vacuna demandarán cada vez mayor transparencia, seguridad y manejo con criterio bioético en la obtención de dicho producto de consumo humano, otorgándole al bienestar animal un rol como elemento de valoración comercial. La ganadería del futuro estará caracterizada, seguramente, por una alta eficiencia en el uso de la energía y el agua, minimización del impacto ambiental, uso limitado de antibióticos y estándares elevados de BA. Para el abordaje de dicho escenario será fundamental el trabajo colaborativo y coordinado de organismos de investigación científica, instituciones educativas, órganos legislativos, productores ganaderos, industrias cárnicas, entes administrativos oficiales y asociaciones de consumidores.

A la ciencia de la nutrición animal, la problemática del bienestar del ganado le impone, por delante, el desafío de desarrollarse bajo un enfoque más holístico, que incursione más allá del mero objetivo tradicional zootécnico de mejorar la obtención de producto animal. Se necesitará seguir avanzando en el conocimiento del efecto de la nutrición sobre el BA, a los fines de atender a la necesidad de diseñar buenas prácticas de alimentación del ganado, tanto en sistemas de producción extensivos como intensivos. En ello estará implícita la formulación de estándares de alimentación, que integren al bienestar como variable de respuesta animal, además de la selección de indicadores de naturaleza nutricional más eficientes, para su aplicación al diagnóstico y control del BA en predios ganaderos.

### Referencias bibliográficas.

- Adams, C.A. (2002). The total nutrition manifesto. *Feed Mix* **10**, (2) 20-23.
- Adams, C.A. (2006). Nutrition-based health in animal production. *Nutrition Research Reviews* **19**, 79–89.
- Agenäs, S., Heath, M.F., Nixon, R.M., Wilkinson, J.M. and Phillips, C.J.C. (2006). Indicators of undernutrition in cattle. *Animal Welfare* **15**, 149-160.
- Albright, J.L. and Arave, C.W. (1997). *The Behaviour of Cattle*. Wallingford, England, UK: CAB International.
- Andriamandroso, A.L.H., Bindelle, J., Mercatoris, B. and Lebeau, F. (2016). A review on the use of sensors to monitor cattle jaw movements and behavior when grazing. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* **20**, (1) 273-286.
- Appleby, M.C., Hughes, B.O. and Elson, H.A. (1992). *Poultry Production Systems: Behaviour, Management and Welfare*. Wallingford, England, UK: CAB International.
- Arias, J.L. (1982). *Aspectos Generales de la Biología del Rumen*. Monografías de Medicina Veterinaria 4, (1) junio 1982. Recuperado de [https://web.uchile.cl/vignette/monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CD/mon\\_vet\\_completa/0,1421,SCID%253D7669%2526ISID%253D411,00.html](https://web.uchile.cl/vignette/monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CD/mon_vet_completa/0,1421,SCID%253D7669%2526ISID%253D411,00.html)
- Armbruster, D.A. (1987). Fructosamine: structure, analysis, and clinical usefulness. *Clinical Chemistry* **33**, 2153-2163.
- [AWIN] The European Animal Welfare Indicators Project (2015). *AWIN Welfare Assessment Protocol for Sheep* [C. Dwyer, S. Richmond, R. Ruiz, I. Beltrán de Heredia, S. Barbieri and A.J. Zanella, editors]. Edinburgh, Scotland, UK: AWIN Consortium.
- Bach, A., Von Keyserlingk, M.A.G., Widowski, T.M. and Haley, D. (2016). Assessing farm animal welfare from a nutritional perspective. In *Nutrition and the Welfare of Farm Animals*, Animal Welfare, Volume 16 [C.J.C. Phillips, editor], pp. 115-134. Cham, Switzerland: Springer.
- Bagath, M., Sejian, V., Krishnan, G., Vidya, M.K., Prathap, P., Archana, P.R. and Joy, A. (2017). Nutrition and immune system in livestock's: mini review. *Journal of Dairy and Veterinary Sciences* **2**, (2) Article 555582.

- Barbari, M., Gastaldo, A., Rossi, P. and Zappavigna, P. (2007). Animal welfare assessment in cattle farms. In *American Society of Agricultural and Biological Engineers, Annual International Meeting*, Minnesota 17-20 June 2007, Article 074162.
- Bartussek, H. (1999). A review of the animal needs index (ANI) for the assessment of animals' well-being in the housing systems for Austrian proprietary products and legislation. *Livestock Production Science* **61**, (2-3) 179-192.
- Baumont, R., Prache, S., Meuret, M. and Morand-Fehr, P. (2000). How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. In *Sheep and Goat Nutrition: Intake, Digestion, Quality of Products and Rangelands*, Cahiers Options Méditerranéennes N° 52 [I. Ledin and P. Morand-Fehr, editors], pp. 11-25. Zaragoza, Spain: CIHEAM.
- Bavera, G.A. y Peñafort, C.H. (2006). *Lectura de la Bosta del Bovino y su Relación con la Alimentación*, Cursos de Producción Bovina de Carne, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Córdoba: Sitio Argentino de Producción Animal, Repositorio Digital de Acceso Abierto, G.A. Bavera, director. Recuperado de [http://www.produccionbovina.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/61-heces\\_del\\_bovino\\_y\\_relacion\\_con\\_la\\_alimentacion.pdf](http://www.produccionbovina.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/61-heces_del_bovino_y_relacion_con_la_alimentacion.pdf)
- Beever, D.E. and Bach, A. (2016). Feeding cattle for improved productivity, health, and welfare in modern farming enterprises. In *Nutrition and the Welfare of Farm Animals*, Animal Welfare, Volume 16 [C.J.C. Phillips, editor], pp. 165-182. Cham, Switzerland: Springer.
- Benvenuti, M.A. y Cangiano, C.A. (2011). Características de las pasturas y su relación con el comportamiento ingestivo y consumo en pastoreo. En *Producción Animal en Pastoreo*, Segunda Edición [C.A. Cangiano y M.A. Brizuela, editores], pp. 259-290. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA.
- Bertoni, G., Minuti, A. and Trevisi, E. (2015). Immune system, inflammation and nutrition in dairy cattle. *Animal Production Science* **55**, (7) 943-948.
- Bertoni, G., Trevisi, E., Houdijk, J., Calamari, L. and Athanasiadou, S. (2016). Welfare is affected by nutrition through health, especially immune function and inflammation. In

- Nutrition and the Welfare of Farm Animals*, Animal Welfare, Volume 16 [C.J.C. Phillips, editor], pp. 85-113. Cham, Switzerland: Springer.
- Bibi, F. (2013). A multi-calibrated mitochondrial phylogeny of extant *Bovidae* (*Artiodactyla*, *Ruminantia*) and the importance of the fossil record to systematics. *BMC Evolutionary Biology* 13, 166-180.
- Blasco, A. (2006). Philosophy of science and animal breeding research - conference paper. In *Proceedings of the Eighth World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 13-18 August, Belo Horizonte, Brazil. Recuperado de <http://www.wcgalp.org/system/files/proceedings/2006/philosophy-science-and-animal-breeding-research.pdf>
- Blecha, F. (2000). Immune system response to stress. In *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare* [G.P. Moberg and J.A. Mench, editors], pp. 111-121. Wallingford, England, UK: CAB International.
- Botreau R., Veissier, I., Butterworth, A., Bracke, M.B.M. and Keeling, L.J. (2007). Definition of criteria for overall assessment of animal welfare. *Animal Welfare* **16**, 225-228.
- Bousfield, B. and Brown, R. (2010). Animal welfare. *Veterinary Bulletin* **1**, (4) November 2010. Kowloon, Hong Kong: Agriculture, Fisheries and Conservation Department. Recuperado de [https://www.afcd.gov.hk/tc\\_chi/quarantine/qua\\_vb/files/AW8.pdf](https://www.afcd.gov.hk/tc_chi/quarantine/qua_vb/files/AW8.pdf)
- Broom D.M. (1986). Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal* **142**, 524-526.
- Broom, D.M. (1996). Animal welfare defined in terms of attempts to cope with the environment. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A: Animal Science Supplementum* **27**, 22-28.
- Broom, D.M. (2006). Behaviour and welfare in relation to pathology. *Applied Animal Behaviour Science* **97**, 71-83.
- Broom, D.M. (2016). Considering animals' feelings: précis of sentience and animal welfare (Broom 2014). *Animal Sentience* **1**, Article 5.
- Broom, D.M. (2017). *Animal Welfare in the European Union, Study for the Peti Committee*. Brussels, Belgium: European Union Parliament, Directorate-General for Internal Policies. Recuperado de <http://www.europarl.europa.eu/supporting-analyses>

- Broom, D.M. and Fraser, A.F. (2015). *Domestic Animal Behaviour and Welfare*, Fifth Edition. Wallingford, England, UK: CAB International.
- Campos-Granados, C.M. (2014). El sistema inmune en los mamíferos: las defensas del cuerpo. *Nutrición Animal Tropical* **8**, (1) 80-93.
- Canario, L., Mignon-Grasteau, S., Dupont-Nivet, M. and Phocas, F. (2013). Genetics of behavioural adaptation of livestock to farming conditions. *Animal* **7**, (3) 357-377.
- Caton, J.S. and Hess, B.W. (2010). Maternal plane of nutrition: impacts on fetal outcomes and postnatal offspring responses. In *Proceedings of the Fourth Grazing Livestock Nutrition Conference* [B.W. Hess, T. Delcurto, J.G.P. Bowman and R.C. Waterman, editors], pp. 104-122. Champaign, Illinois, USA: Western Section of the American Society of Animal Science.
- Church, C.D. (1993). Clasificación e importancia de los animales rumiantes. En *El Rumiante: Fisiología Digestiva y Nutrición* [C.D. Church, editor], pp. 1-14. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Cooper, E.L. and Ma, M.J. (2017). Understanding nutrition and immunity in disease management. *Journal of Traditional and Complementary Medicine* **7**, 386-391.
- Cosgrove, G.P. (1987). Grazing behaviour and forage intake. In *Proceedings of the International Symposium on Animal Production Under Grazing* [J.A. Gomide, editor], pp. 59-80. Vicosá, Brazil: Universidade Federal de Vicosá.
- Curtis, H., Barnes, N.S., Schnek, A. y Massarini, A. (2007). *Invitación a la Biología en Contexto Social*, Séptima Edición. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Damián, J.P. y Ungerfeld, R. (2013). Indicadores de bienestar animal en especies productivas: una revisión crítica. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* **21**, (2) 103-113.
- Davis, S.L. (1998). Environmental modulation of the immune system via the endocrine system. *Domestic Animal Endocrinology* **15**, (5) 283-289.
- De Gea, G.S. y Trolliet, J.C. (2001). *Salud Animal*, Curso de Producción Animal I, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Córdoba: Sitio Argentino de Producción Animal, Repositorio Digital de Acceso Abierto, G.A. Bavera, director. Recuperado de <http://www.produccion->

- animal.com.ar/sanidad\_intoxicaciones\_metabolicos/infecciosas/comun\_varias\_especies/02-salud\_animal.pdf.
- Dryden, G.McL. (2008). *Animal Nutrition Science*. Wallingford, England, UK: CAB International.
- Durán, M.A. y Gentile, C.B. (2007). *Manual de Buenas Prácticas Ganaderas con Altos Estándares de Bienestar Animal para la Producción de Bovinos de Carne*. Buenos Aires, Argentina: Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Earley, B. (2011). Beef cattle and veal calves. In *Management and Welfare of Farm Animals: the UFAW Farm Book*, UFAW Animal Welfare Series, Fifth Edition [J. Webster, editor], pp. 120-177. Oxford, England, UK: Wiley-Blackwell.
- Edwards, J.D. (2004). The role of the veterinarian in animal welfare - a global perspective. In *Proceedings of the Global Conference on Animal Welfare: an OIE Initiative*, Paris, 23-25 February 2004, pp. 27-35. Luxembourg: World Organization for Animal Health and the European Commission.
- [EFSA] European Food Safety Authority (2015). *The Use of Animal-Based Measures to Assess Animal Welfare in EU - State of the Art of 10 Years of Activities and Analysis of Gaps*, EFSA's Technical Report. Parma, Italy: EFSA Supporting Publication.
- Egan, A.R. (1984). An evolution in ruminant physiology. In *Ruminant Physiology, Concepts and Consequences: A tribute to R.J. Moir* [S.K. Baker, J.M. Gawthorne, J.B. Mackintosh and D.B. Purser, editors], pp. 1-14. Perth, Australia: University of Western Australia.
- Elsasser, T.H., Klassing, K.C., Filipov, N. and Thompson, F. (2000). The metabolic consequences of stress: targets for stress and priorities of nutrient use. In *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare* [G.P. Moberg and J.A. Mench, editors], pp. 77-110. Wallingford, England, UK: CAB International.
- Ewbank, R. (1978). Stereotypies in clinical veterinary practice. In *Proceedings of the First World Congress on Ethology Applied to Zootechnics*, Volume 1, Madrid, 23-27 October 1978 [J. Garsi, editor], pp. 499-502. Madrid, España: Industrias Gráficas España.

- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations (2012). *Impact of Animal Nutrition on Animal Welfare*, Expert Consultation, 26-30 September 2011, Animal Production and Health Report N° 1. Rome, Italy: FAO.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations (2013). Preface. In *Enhancing Animal Welfare and Farmer Income Through Strategic Animal Feeding: Some Case Studies*, Animal Production and Health Paper N° 175 [H.P.S. Makkar, editor], p. VII. Rome, Italy: FAO.
- FAO Ethics Series (2008). The Ethics of Sustainable Agricultural Intensification. In *The Ethics of Intensification: Agricultural Development and Cultural Change*, The International Library of Environmental, Agricultural and Food Ethics, Volume 16 [P.B. Thompson, editor], pp. 19-41. Dordrecht, Netherlands: Springer Science-Business Media B.V.
- Faverdin, P., Baumont, R. and Ingvarsen, K.L. (1995). Control and prediction of feed intake in ruminants. In *Recent Developments in the Nutrition of Herbivores* [M. Journet, E. Grenet, M.-H. Farce, M. Thériez and C. Demarquilly, editors], pp. 95-120. Paris, France: INRA Editions.
- [FAWC] Farm Animal Welfare Council (1993). *Second Report on Priorities for Research and Development in Farm Animal Welfare*. London, England, UK: Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Ferguson, D., Colditz, I., Collins, T. Matthews, L. and Hemsworth, P. (2013). *Identifying and Integrating Measures of Animal Welfare that Meet the Needs of Animals and Society*, Final Report, APL Project 2011/1036.421. Kingston, Capital Territory of Australia: Australian Pork Limited and the Department of Agriculture of the Australian Government.
- Fernández González, C. (2013). *Diseño y Validación de un Protocolo de Evaluación de Bienestar Animal en Granja para el Ovino Lechero*. Tesis de Maestría, Universidad de Córdoba, España.
- Firkins, J.L. and Yu, Z. (2006). Characterisation and quantification of the microbial populations of the rumen. In *Ruminant Physiology, Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress* [K. Sejrsen, T. Hvelplund and

- M.O. Nielsen, editors], pp. 19-54. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Forbes, J.M. (1995). *Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals*. Wallingford, England, UK: CAB International.
- Fraser, D. (2006). *El Bienestar Animal y la Intensificación de la Producción Animal: una Interpretación Alternativa*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Fraser, D. (2008a). Animal welfare and the intensification of animal production. In *The Ethics of Intensification: Agricultural Development and Cultural Change*, The International Library of Environmental, Agricultural and Food Ethics, Volume 16 [P.B. Thompson, editor], pp. 167-189. Dordrecht, Netherlands: Springer Science-Business Media B.V.
- Fraser, D. (2008b). *Understanding Animal Welfare: the Science in its Cultural Context*. Oxford, England, UK: Wiley-Blackwell.
- Fritz, J., Hummel, J., Kienzle, E., Arnold, C., Nunn, C. and Clauss, M. (2009). Comparative chewing efficiency in mammalian herbivores. *Oikos* **118**, 1623-1632.
- Galindo Maldonado, F. (2008). Fundamento científico del concepto de bienestar animal. En *Incorporación de Temas de Bienestar Animal en los Planes de Estudio de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia en México*, pp. 5-7. Guadalajara, México: Consejo Panamericano de Educación Superior en Ciencias Veterinarias y Asociación Mexicana de Escuelas y Facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Galyean, M.L., Perino, L.J. and Duff, G.C. (1999). Interaction of cattle health/immunity and nutrition. *Journal of Animal Science* **77**, 1120-1134.
- Garcez-Mercado, N. (2013). Indicadores de bienestar animal en bovinos de doble propósito en un municipio de Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* **2**, (2) 172-182.
- Goddard, P., Waterhouse, T., Dwyer, C. and Scott, A. (2006). The perception of the welfare in extensive systems. *Small Ruminant Research* **62**, 215-225.
- Hänninen, L., Makela, J., Rushen, J., de Passille, A. and Saloniemi, H. (2008). Assessing sleep state in calves through electrophysiological and behavioural recordings: a preliminary study. *Applied Animal Behaviour Science* **111**, 235-250.

- Harper, G.C. and Henson, S.J. (2001). *Consumer Concerns about Animal Welfare and the Impact on Food Choice*, EU FAIR CT98-3678 Final Report. Reading, England, UK: University of Reading.
- Hernández Cruz, B.C. (2014). *Indicadores Regionales de Salud, Conductuales, Productivos y de Estrés en Bovinos Productores de Carne en Unidades de Producción Intensiva en Trópico Húmedo*, Proyecto de Investigación, Programa de Mejoramiento del Profesorado. Veracruz, México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Recuperado de <https://www.uv.mx/veracruz/cienciaanimal/files/2013/11/Proyecto-indicadores-de-Bienestar-Animal.pdf>
- Herrera García, M., Peña Blanco, F. y Rodero Serrano, E. (2005). *La productividad y el Bienestar Animal: Interacciones Dentro del Campo de la Zootecnia y Métodos de Evaluación del Bienestar*, Tema 20, Asignatura Etología Aplicada, Protección Animal y Etnología. Córdoba, España: Universidad de Cordoba. Recuperado de [http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/economia/aula/img/pictorex/06\\_07\\_07\\_TEMA\\_20.pdf](http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/economia/aula/img/pictorex/06_07_07_TEMA_20.pdf)
- Hobson, P.N. and Wallace, R.J. (1982). Microbial ecology and activities in the rumen: part I. *Critical Reviews in Microbiology* **9**, 165-225.
- Hodgson, J. (1990). *Grazing Management: Science into Practice*, Longman Handbooks in Agriculture N° 4. New York, USA: Longman.
- Hogan, J.P. and Phillips, C.J.C. (2008). Nutrition and the welfare of ruminants. *Annual Review of Biomedical Sciences* **10**, T33-T50.
- Hogan, J.P. and Phillips, C.J.C. (2016). Starvation of ruminant livestock. In *Nutrition and the Welfare of Farm Animals*, Animal Welfare, Volume 16 [C.J.C. Phillips, editor], pp. 29-57. Cham, Switzerland: Springer.
- Hofmann, R.R. (1993). Anatomía del conducto gastro-intestinal. En *El Rumiante: Fisiología Digestiva y Nutrición* [C.D. Church, editor], pp. 15-46. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Huertas, S.M., Paranhos da Costa, M., Manteca, X., Galindo, F. and Morales, M.S. (2009). An overview of the application of the Animal welfare assessment system in Latin

- America. In *An Overview of the Development of the Welfare Quality® Assessment Systems*, Welfare Quality Reports N° 12 [L. Keeling, editor], pp. 79-94. Uppsala, Sweden: The European Welfare Quality® Project.
- Hughes, B.O. (1976). Behaviour as an index of welfare. In *Proceedings of the Fifth European Poultry Conference*, Malta, 5-11 September 1976, pp. 1005-1018.
- Huhtanen, P., Ahvenjärvi, S., Weisbjerg, M.R. and Nørgaard, P. (2006). Digestion and passage of fibre in ruminants. In *Ruminant Physiology, Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress* [K. Sejrsen, T. Hvelplund and M.O. Nielsen, editors], pp. 19-54. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Hume, I.D. (1984). Evolution of herbivores - the ruminant in perspective. In *Ruminant Physiology, Concepts and Consequences: A tribute to R.J. Moir* [S.K. Baker, J.M. Gawthorne, J.B. Mackintosh and D.B. Purser, editors], pp. 15-25. Perth, Australia: University of Western Australia.
- Janis, C. (2008). An evolutionary history of browsing and grazing ungulates. In *The Ecology of Browsing and Grazing*, Ecological Studies 195 [I.J. Gordon and H.H.T. Prins, editors], pp. 21-45. Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Johnsen, P.F., Johannesson, T. and Sandøe, P. (2001). Assessment of farm animal welfare at herd level: many goals, many methods. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A: Animal Science Supplementum 30*, 26-33.
- Judson, G.J. and McFarlane, J.D. (1998). Mineral disorders in grazing livestock and the usefulness of soil and plant analysis in the assessment of these disorders. *Australian Journal of Experimental Agriculture 38*, 707-723.
- Kehrli, M.E.Jr., Neill, J.D., Burvenich, C., Goff, J.P., Lippolis, J.D., Reinhardt, T.A. and Nonnecke, B.J. (2006). Energy and protein effects on the immune system. In *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress* [K. Sejrsen, T. Hvelplund and M.O. Nielsen, editors], pp. 455-471. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers.

- King, L.A. (2003). Behavioral evaluation of the psychological welfare and environmental requirements of agricultural research animals: theory, measurement, ethics, and practical implications. *Institute for Laboratory Animal Research Journal* **44**, (3) 211-221.
- Kirchner, M.K. (2012). *Implementation of an Animal-Based Welfare Assessment System in Beef Bull Farms*. PhD Thesis, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria.
- Klasing, K.C. (2002). Protecting animal health and well-being: nutrition and immune function. In *Scientific Advances in Animal Nutrition - Promise for the New Century, Proceedings of a Symposium*, pp. 13-20. Washington DC, USA: National Academies Press.
- Klein, R.D., Kincaid, R.L., Hodgson, A.S., Harrison, J.H., Hillers, J.K. and Cronrath, J.D. (1987). Dietary fiber and early weaning on growth and rumen development of calves. *Journal of Dairy Science* **70**, 2095-2104.
- Kloster, A. y Amigone, M. (2005). Utilización de verdeos de invierno bajo pastoreo en invernada. En *Verdeos de Alta Productividad para Optimizar la Cadena Forrajera*, Informe para Extensión N° 96, pp. 15-24. Marcos Juárez, Córdoba, Argentina: EEA INTA Marcos Juárez.
- Laca, E.A., Shipley, L.A. and Reid, E.D. (2001). Structural anti-quality characteristics of range and pasture plants. *Journal of Range Management* **54**, 413-419.
- Langer, P. (1988). *The Mammalian Herbivore Stomach: Comparative Anatomy, Function and Evolution*. Stuttgart, Germany: Gustav Fischer Verlag.
- Langer, P. (1994a). Food and digestion of Cenozoic mammals in Europe. In *The Digestive System in Mammals: Food, Form and Function* [D.J. Chivers and P. Langer, editors], pp. 9-24. Cambridge, England, UK: Cambridge University Press.
- Langer, P. (1994b). Weaning time and bypass structures in the forestomachs of *Marsupialia* and *Eutheria*. In *The Digestive System in Mammals: Food, Form and Function* [D.J. Chivers and P. Langer, editors], pp. 264-286. Cambridge, England, UK: Cambridge University Press.
- Lawrence, A.B., Tolkamp, B., Cockram, M.S., Ashworth, C.J. and Dwyer, C.M. (2004). Food, water and malnutrition: perspectives on nutrient requirements for health and

- welfare in farm animals. In *Global Conference on Animal Welfare: an OIE Initiative, Proceedings*, Paris, 23-25 February 2004, pp. 189-197. Luxembourg: World Organisation for Animal Health.
- Leeb, C. (2011). The concept of animal welfare at the interface between producers and scientists: the example of organic pig farming. *Acta Biotheorica* **59**, 173-183.
- Leek, B.F. (1993). Digestion in the ruminant stomach. In *Dukes' Physiology of Domestic Animals*, Eleventh Edition [M.J. Swenson and W.O. Reece, editors], pp. 387-416. Ithaca, New York, USA: Cornell University Press.
- Leenstra, F.R. (2013). *Intensification of Animal Production and its Relation to Animal Welfare, Food Security and Climate Smart Agriculture*, Report 702. Lelystad, Netherlands: Wageningen UR Livestock Research.
- Llonch Obiols, P. (2011). *Evaluación del Bienestar Animal en Granjas Ecológicas de Ganado Vacuno Mediante el Protocolo Welfare Quality®*. Tesis de Maestría, Universitat de Barcelona, España.
- Loftus, R.T., Machugh, D.E., Bradley, D.G., Sharp, P.M. and Cunningham, P. (1994). Evidence for two independent domestications of cattle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America: Evolution* **91**, 2757-2761.
- Lyford, S.J.Jr. (1993). Crecimiento y desarrollo del aparato digestivo de los rumiantes. En *El Rumiante: Fisiología Digestiva y Nutrición* [C.D. Church, editor], pp. 47-68. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Main, D.C.J. (2009). Application of Welfare Assessment to Commercial Livestock Production. *Journal of Applied Animal Welfare Science* **12**, 97-104.
- Main, D.C.J. and Webster, J. (2011). Assessment, implementation and promotion of farm animal welfare. In *Management and Welfare of Farm Animals: the UFAW Farm Book, UFAW Animal Welfare Series*, Fifth Edition [J. Webster, editor], pp. 564-584. Oxford, England, UK: Wiley-Blackwell.
- Main, D.C.J., Whay, H.R., Leeb, C. and Webster, A.J.F. (2007). Formal animal-based welfare assessment in UK certification schemes. *Animal Welfare* **16**, 233-236.
- Manteca, X. (2005). El bienestar animal en el marco de la nueva PAC. *Producción Animal (España)* **20**, (210) 4-14.

- Manteca, X., Villalba, J.J., Atwood, S.B., Dziba, L. and Provenza, F.D. (2008). Is dietary choice important to animal welfare? *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* **3**, (5) 229-239.
- Marchant-Forde, J.N. (2015). The science of animal behavior and welfare: challenges, opportunities, and global perspective. *Frontiers in Veterinary Science* **2**, article 16. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4672293/pdf/fvets-02-00016.pdf>
- Marchewka, J.A. (2015). *Development of Practical Methodology and Indicators for On-Farm Animal Welfare Assessment*. PhD Thesis, University of Basque Country, Vitoria-Gasteiz, Spain.
- Marengo, M.V. y Martínez, L.A. (2004). *Habilidad Diferencial de Bacterias y Hongos Ruminales en la Degradación de Substratos Lignocelulósicos*. Tesina de Graduación, Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa.
- Marie, M. (2004). Ethics: the new challenge for livestock production. In *Animal Production in Europe: the Way Forward in a Changing World, Proceedings of the In Between Congress of The International Society for Animal Hygiene*, Volume 1, Saint-Malo, 11-13 October 2004 [F. Madec and G. Clement, editors], pp. 23-25. Ploufragan, France: Zoopole Développement.
- Martínez, G.M., Suárez, V.H. y Ghezzi, M.D. (2016). Bienestar animal en bovinos de leche: selección de indicadores vinculados a la salud y producción. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* **42**, (2) 153-160.
- McInerney, J.P. (2004). *Animal Welfare, Economics and Policy*, Report on a Study Undertaken for the Farm and Animal Health Economic Division of DEFRA. London, England, UK: Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- McLeod, M.N. and Minson, D.J. (1988). Large particle breakdown by cattle eating ryegrass and alfalfa. *Journal of Animal Science* **66**, 992-999.
- McTavish E.J., Decker, J.E., Schnabel, R.D., Taylor, F. and Hillis, D.M. (2013). New World cattle show ancestry from multiple independent domestication events. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* **110**, E1398-E1406.

- Meglia, G.E. (2004). *Nutrition and Immune Response in Periparturient Dairy Cows with Emphasis on Micronutrients*. PhD Thesis in Veterinaria 170, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Mendoza, S.P., Capitanio, J.P. and Mason, W.A. (2000). Chronic social stress: studies in non-human primates. In *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare* [G.P. Moberg and J.A. Mench, editors], pp. 227-247. Wallingford, England, UK: CAB International.
- Mertens, D.R. (1994). Regulation of forage intake. In *Forage Quality, Evaluation, and Utilization* [G.C. Fahey, Jr., M. Collins, D.R. Mertens and L.E. Moser, editors], pp. 450-493. Madison, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America.
- Mertens, D.R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science* **80**, 1463-1481.
- Moberg, G.P. (2000). Biological response to stress: implications for animal welfare. In *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare* [G.P. Moberg and J.A. Mench, editors], pp. 1-21. Wallingford, England, UK: CAB International.
- Moore, K.J. and Hatfield, R.D. (1994). Carbohydrates and forage quality. In *Forage Quality, Evaluation and Utilization* [G.C. Fahey, Jr., M. Collins, D.R. Mertens and L.W. Moser, editors], pp. 229-280. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America.
- Moran, J. and Doyle, R. (2015). *Cow Talk: Understanding Dairy Cow Behaviour to Improve their Welfare on Asian Farms*. Clayton South, Victoria, Australia: CSIRO Publishing.
- Morisse, J.-P., Cotte, J.-P. and Huonnic, D. (1994). Animal welfare and the intensive production of bovine meat. *Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Épizooties* **13**, (1) 89-97.
- Muñoz, C., Campbell, A., Hemsworth, P. and Doyle, R. (2018). Animal-based measures to assess the welfare of extensively managed ewes. *Animals* **8**, (1) Article 2.

- Nicol, C. (2011). Behaviour as an indicator of animal welfare. In *Management and Welfare of Farm Animals: the UFAW Farm Book*, UFAW Animal Welfare Series, Fifth Edition [J. Webster, editor], pp. 31-67. Oxford, England, UK: Wiley-Blackwell.
- Nielsen, B.K. and Thamsborg, S.M. (2001). Organic beef production with emphasis on feeding and health of dairy bred bull calves. In *Breeding and Feeding for Animal Health and Welfare in Organic Livestock Systems, Proceedings of the Fourth Network for Animal Health and Welfare in Organic Agriculture Workshop*, Wageningen, 24-27 March 2001 [M. Hovi and T. Baars, editors], pp. 155-168. Reading, England, UK: University of Reading.
- Nielsen, B.K. and Thamsborg S.M. (2005). Welfare, health and product quality in organic beef production: a Danish perspective. *Livestock Production Science* **94**, 41-50.
- Nielsen, B.L., De Jong, I.C. and De Vries, T.J. (2016). The use of feeding behaviour in the assessment of animal welfare. In *Nutrition and the Welfare of Farm Animals*, Animal Welfare, Volume 16 [C.J.C. Phillips, editor], pp. 59-84. Cham, Switzerland: Springer.
- Ninomiya, S. (2014). Satisfaction of farm animal behavioral needs in behaviorally restricted systems: reducing stressors and environmental enrichment. *Animal Science Journal* **85**, 634-638.
- Nolte, D.L. and Provenza, F.D. (1992). Food preferences in lambs after exposure to flavors in milk. *Applied Animal Behaviour Science* **32**, (4) 381-389.
- Nolte, D.L., Provenza, F.D., Callan, R. and Panter, K.E. (1992). Garlic in the ovine fetal environment. *Physiology and Behaviour* **52**, 1091-1093.
- Ørskov, E.R. (1987). *The Feeding of Ruminants: Principles and Practice*. Bucks, England, UK: Chalcombe Publications.
- Ørskov, E.R. (1992). *Protein Nutrition in Ruminants*, Second Edition. London, England, UK: Academic Press.
- Ørskov, E.R. and Ryle, M. (1990). *Energy Nutrition in Ruminants*. London, England, UK: Elsevier Applied Science.
- Ouko, J.O. (2008). Agricultural intensification: some human rights issues. In *The Ethics of Intensification: Agricultural Development and Cultural Change*, The International

- Library of Environmental, Agricultural and Food Ethics, Volume 16 [P.B. Thompson, editor], pp. 121-129. Dordrecht, Netherlands: Springer Science-Business Media B.V.
- Pagella, J.H. (1998). *Urinary Benzylated Compounds as Potential Markers of Forage Intake and Metabolism of their Precursors in Ruminants*. PhD Thesis, University of Aberdeen, Scotland, UK.
- Pagella, J.H., Jouve, V.V., Stritzler, N.P. y Viglizzo, E.F. (1996). Estimación de digestibilidad in vitro de especies forrajeras utilizando parámetros de composición química. *Revista Argentina de Producción Animal* **16**, 25-34.
- Palmero, F. (2005). Motivación: conducta y proceso. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción* **8**, (20-21). Recuperado de <http://reme.uji.es/articulos/numero20/1-palmero/texto.html>
- Parish, J.A. and Rhinehart, J.D. (2011). *Protein in Beef Cattle Diets*, Publication 2499, Extension Service of Mississippi State University. Starkville, Mississippi, USA: Mississippi State University.
- Paul, S.S. and Dey, A. (2015). Nutrition in health and immune function of ruminants. *Indian Journal of Animal Sciences* **85**, (2) 103-112.
- Pereyra, H. y M.A. Leiras (1991). Comportamiento bovino de alimentación y bebida. *Fleckvieh-Simmental* **9**, (51) 24-27.
- Perry, T.W. (1995). Feedlot disease. In *Beef Cattle Feeding and Nutrition*, Second Edition [T.W. Perry and M.J. Cecava, editors], pp. 283-290. San Diego, California, USA: Academic Press.
- Petherick, J.C. and Edge M. (2010). *Measuring the Welfare of Livestock in Extensive Production Systems: Can We, Should We?* Queensland, Australia: Department of Primary Industries and Fisheries. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.568.1833&rep=rep1&type=pdf>
- Petri, H.L. (2012). Four motivational components of behavior. *Revista de Motivación y Emoción* **1**, 31-39.
- Phillips, C.J.C. (2002). *Cattle Behaviour and Welfare*, Second Edition. Oxford, England, UK: Blackwell Publishing.

- Phillips, C.J.C. (2016). Animal welfare, nutrition, and economics: past, present, and future. In *Nutrition and the Welfare of Farm Animals*, Animal Welfare, Volume 16 [C.J.C. Phillips, editor], pp. 229-240. Cham, Switzerland: Springer.
- [POAHAWEFSA] Panel on Animal Health and Welfare of the European Food Safety Authority (2012). Statement on the use of animal-based measures to assess the welfare of animals. *EFSA Journal* **10**, (6) Article 2767.
- Pordomingo, A.J. (2013). *Feedlot: Alimentación, Diseño y Manejo*, Publicación Técnica N° 95, Colección Recursos. Anguil, La Pampa, Argentina: Ediciones INTA.
- Pratt, R.M., Putman, R.J., Ekins, J.R. and Edwards, P.J. (1986). Use of habitat by free-ranging cattle and ponies in the New Forest, Southern England. *Journal of Applied Ecology* **23**, 539-557.
- Price, E.O. (1984). Behavioral Aspects of Animal Domestication. *The Quarterly Review of Biology* **59**, (1) 1-32.
- Provenza, F., Scott, C., Lynch, J., (1996). Preference of sheep for foods varying in flavors and nutrients. *Journal of Animal Science* **74**, 2355-2361.
- Provenza, F., Villalba, J., Dziba, L., Atwood, S., Banner, R. (2003). Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small Ruminant Research* **49**, 257-274.
- Raineri, C., Antonelli, R., Prodocimi Nunes, B.C., Simionato de Barros, C., Tarazona Morales, A.M. y Gameiro, A.H. (2012). Contribución para la evaluación económica de sistemas que procuran el bienestar. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* **25**, 123-134.
- Relling, A.E. y Mattioli, G.A. (2002). *Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes*, Segunda Edición. La Plata, Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Reuter, R.R. (2007). *Nutritional Modulation of the Immune System of Beef Cattle*. PhD Thesis, Texas Tech University, Lubbock, Texas, USA.
- Ribó, O. and Blokhuis, H. (2012). Risk assessment methodology and identification of animal-based indicators to assess animal welfare at farm level. In *Ecosystem Health and*

- Sustainable Agriculture: 1. Sustainable Agriculture* [C. Jakobsson, editor], pp. 362-368. Uppsala, Sweden: The Baltic University Programme, Uppsala University.
- Roche, H.M., Noone, E., Nugent, A. and Michael J. Gibney, M.J. (2001). Conjugated linoleic acid: a novel therapeutic nutrient? *Nutrition Research Reviews* **14**, 173-187.
- Roe, E., Buller, H. and Bull, J. (2011). The performance of farm animal assessment. *Animal Welfare* **20**, 69-78.
- Romero Peñuela, M.H., Uribe-Velásquez, L.F. y Sánchez Valencia, J.A. (2011). Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. *Biosalud* **10**, (1) 71-87.
- Rossner, M.V., Aguilar, N.M. y Koscinczuk, P. (2010). Bienestar animal aplicado a la producción bovina. *Revista Veterinaria* **21**, (2) 151-156.
- Rousing, T., Bonde, M. and Sørensen, J.T. (2000). Indicators for the assessment of animal welfare in a dairy cattle herd with a cubicle housing system. In *Improving Health and Welfare in Animal Production, Proceedings of Sessions of the EAAP Commission on Animal Management and Health*, EAAP Publication N° 102, The Hague, 21-24 August 2000 [H.J. Blokhuis, E.D. Ekkel and B. Wechsler, editors], pp. 37-44. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- [RSPCA] Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals (2010). *RSPCA Welfare Standards for Beef Cattle-Freedom Food Scheme*. West Sussex, England, UK: RSPCA Publications.
- Ruckebusch, Y. (1993). Motilidad del conducto gastro-intestinal. En *El Rumiante: Fisiología Digestiva y Nutrición* [C.D. Church, editor], pp. 69-115. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Ruckebusch, Y., Phaneauf, L.P. y Dunlop, R. (1994). *Fisiología de Pequeñas y Grandes Especies*. México DF: Editorial El Manual Moderno.
- Rutter, S. (2006). Diet preference for grass and legumes in free-ranging domestic sheep and cattle: current theory and future application. *Applied Animal Behaviour Science* **97**, 17-35.
- Saborío Montero, A. (2012). Cetosis subclínica: una enfermedad metabólica silenciosa presente en las lecherías. *UTN Informa al Sector Agropecuario* **62**, 18-22.

- Salobir, J., Frankič, T. and Rezar, V. (2012). Animal nutrition for the health of animals, human and environment. *Acta Agriculturae Slovenica Supplementum* **3**, 41-49.
- Saras-Johansson, M. (2011). *Chewing Behaviour of Growing Cattle*, Student Report 279, Swedish University of Agricultural Sciences, Skara, Sweden.
- [SCAHAW] Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare (2001). *The Welfare of Cattle Kept for Beef Production*. Brussels, Belgium: European Commission, Health and Consumer Protection Directorate-General.
- Schunemann de Aluja, A. (2011). Bienestar animal en la enseñanza de la Medicina Veterinaria y Zootecnia ¿por qué y para qué? *Veterinaria México* **42**, (2) 137-147.
- Sejian, V., Lakritz, J., Ezeji, T., Lal, R. (2011). Assessment methods and indicators of animal welfare. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* **6**, (4) 301-315.
- [SENASA] Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (2015). *Manual de Bienestar Animal, un Enfoque Práctico para el Buen Manejo de Especies Domésticas Durante su Tenencia, Producción, Concentración, Transporte y Faena*, Versión 1. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: SENASA.
- Shahhosseini, Y. (2013). *Cattle Behaviour: Appearance of Behaviour in Wild and Confinement*. Bachelor Thesis in Animal Science 417, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Sørensen, J.T., Sandøe, P. and Halberg, N. (2001). Animal welfare as one among several values to be considered at farm level: the idea of an ethical account for livestock farming. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A: Animal Science Supplementum* **30**, 11-16.
- Stevens, C.E. and Hume, I.D. (1995). *Comparative Physiology of the Vertebrate Digestive System*, Second Edition. Cambridge, England, UK: Cambridge University Press.
- Stewart, C.S., Fonty, G. and Gouet, P. (1988). The establishment of rumen microbial communities. *Animal Feed Science and Technology* **21**, 69-97.
- Stilwell, G. (2016). Welfare Quality and AWIN welfare assessment protocols for ruminants. In *Proceedings of AVA Annual Conference*, Adelaide, 22-27 May 2016, pp. 813-820. Sidney, Australia: Australian Veterinary Association.

- Stritzler, N.P., Rabotnikof, C.M., Ferri, C.M. y Pagella, J.H. (2011). Los forrajes en la alimentación de rumiantes. En *Producción Animal en Pastoreo*, Segunda Edición [C.A. Cangiano y M.A. Brizuela, editores], pp. 155-180. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA.
- Sues, H.-D. and Reisz, R.R. (1998). Origins and early evolution of herbivory in tetrapods. *Trends in Ecology and Evolution* **13**, 141-145.
- Ternman, E., Hänninen, L., Pastell, M., Agenäsa, S. and Peetz Nielsen, P. (2012). Sleep in dairy cows recorded with a non-invasive EEG technique. *Applied Animal Behaviour Science* **140**, 25-32.
- Thomas, J., Weidmann, P., Weidmann, R. y Garnero, O. (2010). Evaluación del bienestar de los animales en sistemas lecheros semipastoriles. Indicadores de bienestar en corrales y piquetes de encierro temporario. *Revista FAVE, Sección Ciencias Agrarias* **9**, (1-2) 97-107.
- Thompson, P.B. and Ouko, J.O. (2008). The ethics of agricultural intensification: an interdisciplinary and international conversation. In *The Ethics of Intensification: Agricultural Development and Cultural Change*, The International Library of Environmental, Agricultural and Food Ethics, Volume 16 [P.B. Thompson, editor], pp. 1-17. Dordrecht, Netherlands: Springer Science-Business Media B.V.
- Turner, S.P. and Dwyer, C.M. (2007). Welfare assessment in extensive animal production systems: challenges and opportunities. *Animal Welfare* **16**, 189-192.
- Van Eys, J. (2015). Modulation of immune function in food producing animals designed to optimize gut health, general well-being and production performance, with special emphasis on yeast cell wall components. In *Influence of Nutrition on Immune System*. Dendermonde, Belgium: Nutriad International. Recuperado de <https://nutriad.com/2015/01/influence-of-nutrition-on-immune-system/>
- Van Lier, E. y Regueiro, M. (2008). *Digestión en Reticulo-Rumen*, Curso de Anatomía y Fisiología Animal. Montevideo, Uruguay: Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Recuperado de <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/AFA/TEORICOS/Repartido-Digestion-en-Reticulo-Rumen.pdf>

- Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*, Second Edition. Ithaca, New York, USA: Cornell University Press.
- Vásquez Chaigneau, Y. (2017). *Evaluación de los Diferentes Factores que Afectan la Reproducción Bovina con Relación al Bienestar Animal*. Tesina de Especialización en Reproducción Bovina, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Vigne, J.-D. (2011). The origins of animal domestication and husbandry: a major change in the history of humanity and the biosphere. *Comptes Rendus Biologies* **334**, 171-181.
- Villalba, J.J., Manteca, X., Vercoe, P.E., Maloney, S.K. and Blache, D. (2016). Integrating nutrition and animal welfare in extensive systems. In *Nutrition and the Welfare of Farm Animals*, Animal Welfare, Volume 16 [C.J.C. Phillips, editor], pp. 135-163. Cham, Switzerland: Springer.
- Von Keyserlingk, M.A.G., Phillips, C.J.C. and Nielsen, B.L. (2016). Water and the welfare of farm animals. In *Nutrition and the Welfare of Farm Animals*, Animal Welfare, Volume 16 [C.J.C. Phillips, editor], pp. 183-197. Cham, Switzerland: Springer.
- Webster, A.J.F. (2011). Husbandry and animal welfare. In *Management and Welfare of Farm Animals: the UFAW Farm Book*, UFAW Animal Welfare Series, Fifth Edition [J. Webster, editor], pp. 1-30. Oxford, England, UK: Wiley-Blackwell.
- Webster, A.J.F., Main, D.C.J. and Whay, H.R. (2004). Welfare assessment: indices from clinical observation. *Animal Welfare* **13**, S93-S98.
- Weiss, W.P. and Spears, J.W. (2006). Vitamin and trace mineral effects on immune function of ruminants. In *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress* [K. Sejrsen, T. Hvelplund and M.O. Nielsen, editors], pp. 473-496. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Welch, J.G. y Hooper, A.P. (1993). Ingestión de alimentos y agua. En *El Rumiante: Fisiología Digestiva y Nutrición* [C.D. Church, editor], pp. 117-126. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

- Wemelsfelder, F. and Lawrence, A.B. (2001). Qualitative assessment of animal behaviour as an on-farm welfare-monitoring tool. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A: Animal Science Supplementum* **30**, 21-25.
- Whay, H.R. (2007). The journey to animal welfare improvement. *Animal Welfare* **16**, 117-122.
- Whay, H.R. (2011). Horses and donkeys. In *Management and Welfare of Farm Animals: the UFAW Farm Book*, UFAW Animal Welfare Series, Fifth Edition [J. Webster, editor], pp. 414-451. Oxford, England, UK: Wiley-Blackwell.
- Whay, H.R., Main, C.J., Green, L.E. and Webster, A.J.F. (2003). Assessment of the welfare of dairy cattle using animal-based measurements: direct observations and investigation of farm records. *Veterinary Record* **153**, 197-202.
- Whay, H.R. and Shearer, J.K. (2017). The impact of lameness on welfare of the dairy cow. In *Lameness in Cattle*, Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, Volume 33, Issue 2 [J.K. Shearer and R.A. Smith, editors], pp. 153-164.
- Winckler, C. (2008). The use of animal-based health and welfare parameters - what is it all about? In *Planning for Better Animal Health and Welfare*, Report from the First ANIPLAN Project Workshop, CORE Organic Project N° 1903, Hellevad, 9-12 October 2007 [M. Vaarst and S. Roderick, editors], pp. 11-17. Tjele, Denmark: International Centre for Research in Organic Food Systems.
- Wolin, M.J. (1979). The rumen fermentation: a model for microbial interactions in anaerobic ecosystems. In *Advances in Microbial Ecology*, Volume 3 [M. Alexander, editor], pp. 49-77. New York, USA: Plenum Publishing.
- [WQC] Welfare Quality® Consortium (2009). *Welfare Quality® Assessment Protocol for Cattle*. Lelystad, Netherlands: The European Welfare Quality® Project and The Netherlands Standardization Institute.
- Wu, G., Bazer, F.W., Cudd, T.A., Meininger, C.J. and Spencer, T.E. (2004). Maternal nutrition and fetal development. *Journal of Nutrition* **134**, 2169-2172.
- Yáñez-Ruiz, D.R., Abecia, L. and Newbold, C.J. (2015). Manipulating rumen microbiome and fermentation through interventions during early life: a review. *Frontiers in Microbiology* **6**, 1-12.