



Cátedra Nanta
de Ganadería de Precisión
Universidad Zaragoza



ALIMENTACIÓN DEL BOVINO DE CARNE EN SISTEMAS IBÉRICOS

GUÍA TÉCNICA PARA EL ASESOR

Fisiología digestiva, energía, salud ruminal, formulación y nutrición de
precisión

Memoria técnica

TechTeam

Jm.bello@nutreco.com

Contenido

Resumen ejecutivo	2
1. Alcance de la guía y realidad de los sistemas ibéricos	3
2. Del alimento a la ganancia: el flujo de la energía	3
3. El rumen como motor biológico: fermentación y elección de cereales	4
4. Fibra físicamente efectiva, forma física y salud ruminal.....	6
5. Aprovechamiento postruminal: proteína, almidón y grasa	7
6. Proteína metabolizable y eficiencia de los aminoácidos	8
7. Requerimientos y sistemas de formulación: qué aportan y dónde fallan	8
8. Nutrición de precisión y optimización de raciones	9
9. Programa práctico de alimentación por fases.....	10
10. Fabricación, reparto, comedero y agua	12
11. Ajustes por ambiente, sanidad y variabilidad del lote	13
12. Monitorización, diagnóstico y resolución de problemas	13
13. Protocolo de visita del asesor	14
14. Casos prácticos de campo	15
15. Conclusiones y reglas de decisión.....	16
Anexo 1. Ficha mínima de datos para formulación y seguimiento	17
Anexo 2. Checklist de auditoría en cebadero	18
Bibliografía	19

Resumen ejecutivo

La alimentación del bovino de carne en la península ibérica se caracteriza por una elevada diversidad de sistemas, pero comparte un reto común: convertir dietas de alta densidad energética en crecimiento y canal sin perder estabilidad digestiva. En cebaderos intensivos es frecuente el suministro de concentrado y paja por separado o en raciones mezcladas, con una fuerte presencia de cereales y subproductos. En sistemas semiintensivos o de pastoreo, la suplementación debe adaptarse a una oferta forrajera muy variable. En ambos casos, la formulación solo funciona cuando se acompaña de un manejo coherente del comedero, el agua, la transición entre dietas y la homogeneidad del lote. ^[1,2,5,9,11]

El asesor debe integrar tres niveles de decisión. Primero, el nivel biológico: fermentación ruminal, paso de nutrientes y absorción postruminal. Segundo, el nivel matemático: estimación de requerimientos, valoración de ingredientes y optimización económica. Tercero, el nivel operativo: fabricación, reparto, comportamiento alimentario, ambiente y monitorización. El fallo suele aparecer cuando uno de los tres niveles se gestiona de forma aislada.

MENSAJE CENTRAL

La ración formulada no es la ración ingerida. La respuesta productiva depende de lo que cada lote consume realmente, de la distribución de partículas, de la secuencia de acceso al alimento y de la estabilidad del ecosistema ruminal.

Fase	Objetivo nutricional	Riesgos dominantes	Prioridad del asesor
Recepción y adaptación	Restablecer consumo, hidratación y regularidad ruminal; reducir variación individual.	Cambios bruscos, ayunos, mezcla de orígenes, exceso de finos, acceso irregular a agua o paja.	Transición escalonada; lotes homogéneos; oferta constante; revisar comederos, agua y heces dos veces al día.
Crecimiento	Maximizar crecimiento magro y desarrollo funcional sin comprometer el rumen.	Subnutrición energética o proteica, selección de partículas, escasa fibra efectiva, variabilidad de consumo.	Ajustar densidad a ingestión real; verificar proteína metabolizable; controlar tamaño de partícula y homogeneidad.
Acabado	Elevar densidad energética y eficiencia manteniendo estabilidad digestiva y calidad de canal.	Acidosis subaguda, caída de consumo, heces muy líquidas, grano en heces, exceso de engrasamiento.	Incrementar energía solo con consumo estable; mantener fibra funcional; revisar procesado de cereal y frecuencia de reparto.
Ternero lactante y destete	Consolidar consumo de sólido y transición sin depresión postdestete.	Destete por edad sin criterio de consumo, cambios simultáneos, baja palatabilidad, problemas de agua.	Destetar por consumo y estabilidad; minimizar cambios; asegurar pienso fresco, agua y una fuente fibrosa adecuada.
Suplementación en pastoreo	Cubrir el déficit estacional sin sustituir innecesariamente el forraje disponible.	Sobreconsumo, desequilibrio proteína-energía, adaptación insuficiente, acceso desigual.	Caracterizar pasto y lote; definir objetivo; introducir el suplemento gradualmente y auditar respuesta.

Tabla. Marco de decisión por fase productiva en sistemas ibéricos.

Los objetivos y niveles de formulación deben recalcularse con el modelo nutricional elegido y con la composición analítica real de los ingredientes.

Esta guía propone un método de trabajo aplicable a especialistas y asesores: diagnosticar el sistema antes de modificar la fórmula, formular con rangos y restricciones biológicas, implantar los cambios de manera gradual y verificar la respuesta con datos productivos y observaciones de campo. No se ofrecen “recetas universales”; los niveles concretos deben calcularse para cada categoría, genética, sexo, peso, ambiente, objetivo de canal y matriz real de materias primas.

1. Alcance de la guía y realidad de los sistemas ibéricos

El término “bovino de carne” engloba situaciones nutricionales muy distintas: terneros mamones y pasteros, animales de razas cárnicas y cruces, machos enteros, novillas y bueyes, cebaderos con concentrado y paja, raciones completas, aprovechamiento de subproductos y suplementación de

animales en pastoreo. Por ello, el primer trabajo del asesor no es seleccionar un nivel de energía o proteína, sino definir con precisión el sistema productivo que se está evaluando.

1.1. Cinco preguntas antes de formular

- ¿Qué animal estamos alimentando? Peso, sexo, raza o cruce, historial nutricional, estado sanitario, condición corporal y potencial de crecimiento.
- ¿Cuál es el objetivo real? Ganancia diaria, edad o peso de sacrificio, conformación, grado de engrasamiento, regularidad de lotes, coste por kilo producido o una combinación ponderada de estos objetivos.
- ¿Cómo se ofrece la dieta? Concentrado y paja separados, mezcla unifeed, pienso granulado o harina, número de repartos, espacio de comedero y secuencia de acceso.
- ¿Qué limita el consumo? Agua, estrés de llegada, calor, barro, enfermedad respiratoria, variación del lote, palatabilidad, finos, selección de partículas o cambios de horario.
- ¿Qué datos son fiables? Análisis de materias primas, materia seca, consumos por lote, pesos, bajas, incidencias, composición de la canal y costes reales.

1.2. Arquetipos de alimentación frecuentes

Sistema	Fortaleza	Riesgo técnico	Control prioritario
Concentrado y paja ad libitum	Alta densidad energética y manejo sencillo.	La relación concentrado:fibra la decide parcialmente el animal; riesgo de variación de consumo de paja, selección y acidosis.	Medir consumo de ambos componentes; revisar acceso simultáneo, finos y regularidad.
Ración completa mezclada	Mejor control de la proporción de ingredientes y menor selección si la mezcla es homogénea.	Errores de materia seca, picado excesivo o insuficiente, calentamiento y segregación durante el transporte.	Auditar homogeneidad, tamaño de partícula, estabilidad y precisión de carga.
Pienso granulado + forraje	Menos selección dentro del concentrado y facilidad logística.	Finos, dureza inadecuada, consumo rápido, variación del forraje y pérdida de estructura efectiva.	Control de calidad del gránulo, finos en comedero y oferta real de forraje.
Suplementación en pastoreo	Aprovecha el recurso forrajero y permite corregir déficits estacionales.	Composición del pasto cambiante, acceso desigual, sustitución del forraje y sobreconsumo.	Muestrear pasto, definir frecuencia, adaptación y distribución de puntos de suministro.
Ternero lactante/destete	Construye el consumo de sólido y el desarrollo ruminal futuro.	Destete prematuro respecto al consumo, cambios simultáneos y depresión postdestete.	Pienso fresco, agua accesible, control de consumo y destete progresivo.

Tabla 1. Sistemas de alimentación y puntos críticos para la asesoría.

APLICACIÓN IBÉRICA

En sistemas con concentrado y paja por separado, la fibra analítica de la fórmula no describe por sí sola la fibra ingerida. El diagnóstico exige medir o estimar el consumo real de paja, observar el comportamiento y comprobar si todos los animales acceden de forma regular a ambos alimentos.

Fuentes principales: 3,4,5,9,10,11.

2. Del alimento a la ganancia: el flujo de la energía

La energía no debe interpretarse como una propiedad fija que “contiene” el pienso. Es un flujo sometido a pérdidas sucesivas y a una partición jerárquica. La energía bruta se reduce por las pérdidas fecales para obtener energía digestible; posteriormente se descuentan gases y orina para obtener energía metabolizable; finalmente, el incremento de calor determina la energía neta disponible para mantenimiento y producción. Esta secuencia explica por qué dos ingredientes con energía bruta semejante pueden generar respuestas muy diferentes. ^[1,2,6,11]

Escalón	Qué representa	Pérdida principal	Utilidad práctica
Energía bruta	Calor total de combustión del alimento.	Ninguna; es el punto de partida.	No predice por sí sola la energía utilizable por el animal.
Energía digestible	Energía ingerida menos energía fecal.	Fracción no digerida y restos metabólicos fecales.	Integra digestibilidad, pero no gases ni orina.
Energía metabolizable	Energía disponible tras restar heces, gases y orina.	Metano y productos urinarios.	Base de numerosos modelos para mantenimiento y crecimiento.
Energía neta	Energía realmente retenida para mantenimiento o ganancia.	Incremento de calor asociado a digestión y metabolismo.	Permite distinguir la eficiencia de uso según función productiva.

Tabla 2. Partición conceptual de la energía en bovino de carne.

2.1. Mantenimiento antes que crecimiento

La prioridad fisiológica es el mantenimiento. Solo la energía que queda después de cubrir funciones vitales puede destinarse a crecimiento y deposición tisular. Esto obliga a revisar los factores que aumentan el gasto basal: frío, calor, barro, actividad, estrés, enfermedad, distancia recorrida y adaptación a un nuevo entorno. Una dieta teóricamente suficiente puede dejar de serlo cuando el coste de mantenimiento aumenta o cuando el consumo cae.

2.2. La composición de la ganancia cambia con el peso

El tejido depositado determina el coste energético de la ganancia. En fases tempranas predomina proporcionalmente la deposición de proteína y agua; conforme avanza el acabado aumenta la deposición de grasa. La eficiencia de conversión empeora de manera fisiológica con el peso y el engrasamiento, incluso aunque la dieta y el manejo no hayan cambiado. Por tanto, comparar índices de conversión sin considerar fase, peso y composición de la canal conduce a diagnósticos erróneos.

REGLA DE INTERPRETACIÓN

Una peor conversión al final del cebo no implica necesariamente un fallo de la fórmula. Antes de modificarla, separe el efecto biológico del mayor peso y engrasamiento del efecto de consumo, salud, ambiente y calidad de fabricación.

2.3. Energía ruminal frente a energía postruminal

La fermentación ruminal del almidón genera ácidos grasos volátiles, especialmente propionato, que sostienen la gluconeogénesis. El almidón que escapa del rumen puede hidrolizarse en el intestino delgado y absorberse como glucosa. Esta vía evita parte de las pérdidas de metano y calor de fermentación, pero su capacidad es limitada. El objetivo no es maximizar indiscriminadamente el almidón bypass, sino distribuir la digestión entre rumen e intestino sin sobrecargar ninguno de los dos compartimentos.^[1]

Fuentes principales: 1,2,5,6,9,11.

3. El rumen como motor biológico: fermentación y elección de cereales

En dietas de cebo, el cereal es el principal modulador de la velocidad de fermentación y del riesgo acidogénico. La degradabilidad no depende solo del nombre del cereal: intervienen la matriz proteica que rodea el almidón, el tamaño de partícula, el tratamiento térmico o mecánico, la humedad, el grado de gelatinización y la interacción con el resto de la dieta. El asesor debe valorar simultáneamente la materia prima y su procesado.

3.1. Velocidad de fermentación y sincronía

Trigo, cebada y triticale suelen aportar almidón rápidamente disponible. Maíz y sorgo presentan una matriz más resistente y permiten un mayor escape ruminal, aunque la respuesta depende del procesado. El diseño de la ración debe combinar fuentes y procesos para aportar energía fermentable a la microbiota sin provocar acumulaciones rápidas de ácido. La sincronización con nitrógeno degradable es esencial para transformar esa energía en proteína microbiana, no solo en descenso de pH.

Cereal	Fermentación ruminal	Riesgo acidogénico	Escape postruminal	Lectura práctica
Cebada	Rápida	Alto si está muy molida o la adaptación es insuficiente.	Menor que maíz en condiciones comparables.	Frecuente en cebaderos ibéricos; controlar molienda, finos y transición.
Trigo	Muy rápida	Alto; puede generar picos fermentativos.	Moderado-bajo.	Útil en combinación; evitar dependencia excesiva de una única fuente rápida.
Triticale	Rápida	Moderado-alto.	Moderado.	Alternativa regional; caracterizar lote y procesado.
Maíz	Más lenta	Moderado; aumenta si el procesado incrementa mucho la accesibilidad.	Mayor potencial de digestión postruminal.	Aporta densidad y diversidad de cinética; revisar grano en heces.
Sorgo	Lenta a moderada	Generalmente menor, pero depende de taninos y procesado.	Potencialmente elevado si la matriz limita la degradación.	Requiere buena caracterización y procesado adecuado.

Tabla 3. Comparación cualitativa de cereales. La posición relativa puede cambiar con variedad, humedad y procesado.

La tabla es una guía de razonamiento, no una matriz nutricional. Utilice análisis y ecuaciones del sistema de formulación.

3.2. Procesado: accesibilidad sin destruir la seguridad

- Molienda excesiva: aumenta la superficie disponible, acelera fermentación, eleva finos y reduce el estímulo de masticación.
- Partícula demasiado gruesa: puede reducir la digestión total y aumentar la presencia de grano en heces.
- Granulación: reduce selección dentro del pienso y mejora logística, pero puede acelerar el consumo y ocultar la falta de estructura física.
- Tratamientos térmicos o de humedad: modifican la gelatinización y la cinética; deben valorarse con datos de proceso, no por nombre comercial.
- Mezcla de cereales: puede distribuir la fermentación y reducir dependencia de una sola cinética, siempre que no se utilice para compensar un mal procesado.

3.3. Señales de exceso de fermentación rápida

La combinación de caída de consumo, variación diaria, menor rumia, heces blandas con burbujas, aumento de finos, laminitis o abscesos hepáticos debe interpretarse como un problema de sistema, no como un único “déficit de fibra”. Revise primero la transición, el horario de reparto, el acceso al alimento, la humedad, la homogeneidad y el procesado del cereal. Añadir fibra sin corregir el patrón de consumo puede fracasar.

PREGUNTA DE CAMPO

¿El problema está en la composición media de la dieta o en la forma en que se consume? Una misma fórmula puede ser segura con reparto estable y peligrosa cuando alterna periodos de ayuno y sobreconsumo.

Fuentes principales: 1,5,9,10,11.

4. Fibra físicamente efectiva, forma física y salud ruminal

En dietas con alta proporción de concentrado, la fibra no se valora únicamente por su concentración química. Su función física determina la masticación, la salivación, la formación de la capa flotante y la retención de partículas. La fibra físicamente efectiva integra el contenido de FND con el tamaño y la capacidad real de estimular rumia. Por ello, dos fuentes con igual FND pueden tener efectos muy diferentes sobre el rumen. ^[4,10]

4.1. Funciones que debe cumplir la fibra

- Estimular masticación y producción de saliva rica en bicarbonato y fosfato.
- Favorecer una estructura ruminal que retenga partículas y estabilice el patrón de fermentación.
- Evitar un consumo excesivamente rápido del concentrado.
- Aportar un margen de seguridad frente a variaciones de materia seca, mezcla o reparto.
- Mantener motilidad y salud epitelial sin diluir innecesariamente la densidad energética.

Fuente	Ventaja	Limitación	Comprobación en granja
Paja larga o moderadamente picada	Alta estructura física	Baja densidad y posible selección; consumo muy variable si se ofrece separada.	Observar longitud real, rechazo, contaminación y disponibilidad continua.
Heno de gramínea	Buena referencia de efectividad	Mayor coste y variabilidad botánica.	Controlar madurez, humedad, polvo y longitud.
Cáscara de arroz	Efecto físico con baja fermentabilidad	Alta sílice y baja digestibilidad; puede diluir energía.	Usar por función, no por aporte nutritivo; asegurar mezcla homogénea.
Retornable fino de celulosa u otros subproductos fibrosos	Facilidad de mezcla y disponibilidad industrial	La efectividad depende del tamaño y de la estructura, no solo de la FND.	Validar comportamiento en mezcladora y en comedero.
Cascarilla de soja / pulpas	Fibra digestible y energía fermentable	No sustituyen automáticamente a una fuente estructural.	Distinguir fibra fermentable de fibra físicamente efectiva.

Tabla 4. Fuentes de fibra y función esperada en dietas de cebo.

4.2. Separado frente a mezclado

Cuando la paja se ofrece por separado, el animal regula parcialmente la relación concentrado:fibra. Esto aporta flexibilidad, pero amplifica diferencias individuales y puede dejar a los animales dominantes o de alto consumo con una dieta efectivamente más concentrada. En una ración mezclada, la proporción es más controlable, pero el picado, la humedad y el tiempo de mezcla determinan la selección. En ambos casos, el asesor debe observar la distribución de partículas en el comedero y en los rechazos.

4.3. Umbrales y prudencia

Las fuentes aportadas proponen rangos orientativos de fibra físicamente efectiva en dietas concentradas y señalan el pH ruminal 5,7 como umbral de riesgo. Estos valores no deben aplicarse como límites universales: dependen del método analítico, el sistema de separación de partículas, la frecuencia de muestreo, la adaptación y el patrón de consumo. Utilícelos como indicadores de alarma dentro de un diagnóstico más amplio, no como objetivos aislados.

ERROR FRECUENTE

Confundir “más FND” con “más seguridad ruminal”. Una fibra muy fina o altamente fermentable puede elevar la FND analítica sin aportar el efecto físico necesario. La fórmula debe definir tanto la cantidad como la función y la forma física de la fibra.

Fuentes principales: 4,10,11.

5. Aprovechamiento postruminal: proteína, almidón y grasa

La digestión postruminal comprende el abomaso, el intestino delgado y el intestino grueso. En animales de crecimiento rápido, el flujo de nutrientes que abandona el rumen condiciona el aporte de proteína metabolizable y energía. La nutrición no termina en la fermentación: el asesor debe considerar qué fracciones escapan, si son digestibles y si la capacidad intestinal puede utilizarlas. ^[1]

5.1. Abomaso: preparación ácida del flujo ruminal

El abomaso funciona como un reactor ácido de flujo continuo. El pH bajo desnaturaliza proteínas alimentarias no degradadas y proteína microbiana, facilita la lisis de la biomasa ruminal y activa el pepsinógeno. El quimo ácido pasa al duodeno, donde secretina y colecistoquinina estimulan bicarbonato, bilis y secreciones pancreáticas. La neutralización posterior permite la actividad de tripsina, quimotripsina, amilasa y lipasa.

5.2. Intestino delgado: absorción de alto valor biológico

En el intestino delgado se absorben aminoácidos, glucosa procedente del almidón digerido y lípidos incorporados a micelas. La proteína microbiana es una fuente fundamental de aminoácidos. La proteína no degradada en rumen solo es útil cuando posee una digestibilidad intestinal adecuada; aumentar indiscriminadamente la fracción bypass puede desplazar nitrógeno degradable necesario para la microbiota o aportar proteína poco digestible.

5.3. Almidón postruminal: oportunidad y límite

La digestión intestinal del almidón puede ser energéticamente eficiente, pero el sistema tiene límites de secreción enzimática y absorción. Cuando el flujo supera la capacidad del intestino delgado, el almidón llega al intestino grueso, aumenta la presión osmótica y puede favorecer acidosis cecal, diarrea y alteración del epitelio. La presencia de grano o almidón en heces debe interpretarse junto con el procesado, la velocidad de paso y el patrón de consumo.

5.4. Intestino grueso y grasa

El intestino grueso fermenta fibra y almidón residual, con producción de ácidos grasos volátiles que aportan una fracción adicional de energía. Sin embargo, la proteína microbiana sintetizada allí no se aprovecha como aminoácidos en la misma medida que la proteína digerida en intestino delgado. En el caso de la grasa, la absorción depende de emulsificación, sales biliares y formación de micelas; dosis elevadas o perfiles poco favorables pueden reducir la digestibilidad.

Fracción	Sitio principal	Valor potencial	Limitación	Decisión del asesor
Proteína microbiana	Abomaso e intestino delgado	Alta	Depende de síntesis ruminal y digestibilidad intestinal.	Sincronizar energía fermentable y nitrógeno degradable.
Proteína no degradada	Intestino delgado	Variable	No todo el bypass es digestible ni tiene un perfil aminoacídico equivalente.	Usar digestibilidad y calidad, no solo porcentaje de PNDR.
Almidón bypass	Intestino delgado	Potencialmente alta	Capacidad enzimática y de transporte limitada.	Equilibrar fermentación ruminal y digestión intestinal.
Almidón residual	Ciego y colon	Baja a moderada	Riesgo osmótico y de acidosis cecal.	Revisar procesado, paso y heces.
Grasa dietética	Intestino delgado	Variable	Limitada por micelas y perfil de ácidos grasos.	Evitar extrapolar digestibilidad constante a cualquier dosis.

Tabla 5. Lectura práctica del aprovechamiento postruminal.

Fuentes principales: 1.

6. Proteína metabolizable y eficiencia de los aminoácidos

La proteína bruta es una descripción incompleta del suministro proteico. El animal utiliza aminoácidos absorbidos, procedentes de proteína microbiana y proteína alimentaria no degradada y digestible. La formulación debe equilibrar la proteína degradable en rumen para sostener la microbiota, la proteína no degradable de calidad y el aporte energético que permite convertir nitrógeno en biomasa microbiana.

6.1. La prioridad es la síntesis microbiana

En una dieta de cebo, la microbiota convierte nitrógeno degradable y energía fermentable en proteína microbiana. Si falta energía sincronizada, parte del nitrógeno se transforma en amoníaco y se pierde. Si falta nitrógeno degradable, cae la capacidad de fermentar carbohidratos y la eficiencia global. Por ello, reducir proteína bruta de forma indiscriminada puede abaratar la fórmula y empeorar la conversión.

6.2. Bypass útil, no bypass nominal

La fracción no degradable en rumen debe evaluarse por su digestibilidad intestinal y perfil de aminoácidos. Una materia prima puede presentar un valor alto de bypass debido a sobrecalentamiento o baja accesibilidad, sin aportar aminoácidos útiles. El control de procesado y la consistencia de la materia prima son tan importantes como la cifra del software.

6.3. Eficiencia diferencial de aminoácidos

Los aminoácidos absorbidos no tienen una eficiencia uniforme. Parte se utiliza en el propio intestino, en el hígado y en otros tejidos antes de llegar a la deposición muscular. Las fuentes aportadas destacan que treonina y glutamato pueden tener una elevada utilización esplácnica, mientras que metionina y lisina presentan eficiencias diferentes. En la práctica, esto refuerza la necesidad de formular por proteína metabolizable y, cuando el modelo y los datos lo permitan, por aminoácidos metabolizables.

6.4. Estrategia por fase

Los animales jóvenes depositan una mayor proporción de proteína y agua, mientras que el acabado incrementa la deposición de grasa. Por tanto, la concentración proteica debe revisarse a medida que avanza el cebo. Las fuentes aportadas proponen, como orientación general, niveles de proteína bruta más altos en crecimiento que en acabado. La decisión final debe basarse en consumo previsto, energía de la dieta, sexo, genética y objetivo de canal, evitando tanto el déficit como el exceso de nitrógeno.

CONTROL DE COHERENCIA

Una reducción de proteína es técnicamente defendible cuando se mantienen el aporte de proteína metabolizable, la fracción degradable necesaria para la microbiota y la respuesta productiva. No debe justificarse únicamente por el porcentaje de proteína bruta o por el coste por tonelada.

Fuentes principales: 1,2,6,9,11.

7. Requerimientos y sistemas de formulación: qué aportan y dónde fallan

Los sistemas clásicos transformaron la nutrición de rumiantes al relacionar ingestión, mantenimiento, crecimiento y composición corporal mediante ecuaciones cuantitativas. NRC, INRA y las adaptaciones utilizadas en España —incluidas tablas y recomendaciones FEDNA— continúan siendo herramientas fundamentales. Su principal riesgo no es que sean “antiguos”, sino aplicarlos fuera de contexto o con datos de entrada deficientes. [2,6,11]

7.1. Modelo factorial

Un modelo factorial descompone las necesidades totales en funciones: mantenimiento, crecimiento, gestación, lactación u otras. Para bovino de cebo, el cálculo combina el coste de mantenimiento con el de ganancia, ajustado por peso, composición del tejido, sexo, raza, actividad y ambiente. La ventaja es la trazabilidad del razonamiento; la limitación es que cada componente depende de ecuaciones y coeficientes que representan poblaciones y condiciones experimentales concretas.

Sistema	Fortaleza	Limitación	Uso recomendado
NRC / NASEM	Orientación aplicada; predicción de consumo, energía y proteína; amplia base experimental.	Coefficientes y relaciones derivados de poblaciones y dietas concretas; sensibilidad a consumo y densidad energética.	Útil en cebaderos intensivos si se calibran peso, ganancia, sexo, ambiente y matriz de ingredientes.
INRA / INRAE	Partición energética y proteica con fuerte base fisiológica; amplia utilización en Europa.	Conversión y comparación con otros sistemas no siempre directa; requiere coherencia en unidades y tablas.	Adecuado para condiciones europeas y comparación de fases, con calibración local.
FEDNA	Valoración de materias primas y recomendaciones adaptadas al contexto español.	No sustituye un modelo completo de respuesta animal; depende de actualización y análisis real.	Clave para matrices de ingredientes y contraste de valores en España.
Modelos mecanísticos (CNCPS, LRNS y otros)	Simulan fermentación, paso, digestión y metabolismo con mayor detalle.	Necesitan más datos y su precisión cae si la caracterización de ingredientes es pobre.	Valiosos para investigar causas y formular con fracciones, no solo nutrientes agregados.

Tabla 6. Lectura comparativa de sistemas de formulación.

7.2. El problema del “animal promedio”

En lotes comerciales, ingestión, ganancia y conversión muestran una variabilidad relevante incluso entre animales del mismo peso. Los modelos tradicionales predicen la respuesta media de una población; no garantizan que cada individuo esté cubierto. El asesor debe decidir si formula para la media, para un percentil de seguridad o para subgrupos. Esta decisión tiene consecuencias económicas: formular para cubrir a todos puede sobrealimentar a una parte del lote, mientras que formular para la media puede limitar a los animales de mayor potencial.

7.3. Coherencia de unidades y matrices

- No mezclar valores energéticos de sistemas diferentes sin una conversión validada.
- Asegurar que consumo, peso y ganancia se expresan en la base exigida por el modelo.
- Actualizar materia seca y composición de subproductos variables.
- Revisar si el programa utiliza proteína bruta,gradable, metabolizable o aminoácidos y cómo calcula cada fracción.
- Comparar la predicción con datos reales del cebadero y recalibrar supuestos.

CRITERIO PROFESIONAL

El sistema más sofisticado no compensa una muestra de alimento no representativa, un consumo mal estimado o una categoría animal mal definida. La calidad de los datos limita la calidad de la predicción.

Fuentes principales: 2,6,11.

8. Nutrición de precisión y optimización de raciones

La nutrición de precisión no consiste únicamente en utilizar un software avanzado. Es un proceso de gestión que conecta datos de animales, alimentos, ambiente y resultados para ajustar la dieta y comprobar la respuesta. El objetivo es reducir simultáneamente subnutrición, sobrealimentación, coste por kilo producido y excreción innecesaria de nutrientes.

8.1. Del mínimo coste a la solución biológicamente viable

La programación lineal clásica selecciona la combinación de ingredientes de menor coste que cumple restricciones lineales. Sin embargo, varios procesos del bovino son interactivos y no lineales: el consumo depende de la densidad y el ambiente; la eficiencia energética cambia con la concentración de la dieta; la síntesis microbiana depende de pH, energía y nitrógeno; y la respuesta a la fibra no se resume en una única cifra. La optimización debe incorporar escenarios, restricciones lógicas y márgenes de seguridad.

8.2. Programación lineal entera mixta y escenarios

Las herramientas de programación lineal entera mixta permiten activar o desactivar ingredientes, limitar el número de materias primas, representar decisiones de inclusión y comparar varios escenarios de densidad energética. No convierten automáticamente la formulación en un modelo biológico; su valor depende de que las restricciones representen correctamente la fisiología y la operativa de fábrica. Un “óptimo” matemático puede ser inviable por palatabilidad, segregación, suministro o riesgo de transición.

Bloque de datos	Variable mínima	Error frecuente	Verificación
Animal	Peso vivo, sexo, tipo racial, historial, ganancia objetivo, condición.	Usar un peso medio sin conocer dispersión ni composición del lote.	Distribución de pesos, BCS, registros de entrada y salida.
Consumo	IMS real por lote y variación temporal.	Utilizar consumo teórico o alimento ofrecido sin descontar rechazos.	Inventario, materia seca, rechazos y frecuencia de lectura.
Ingredientes	Materia seca, energía, proteína, fracciones, minerales, granulometría.	Copiar matrices históricas de subproductos variables.	Muestreo, laboratorio y control de recepción.
Proceso	Molienda, granulación, mezcla, secuencia, homogeneidad.	Formular sin conocer el producto físico final.	Auditoría de fábrica y muestras de pienso.
Ambiente y sanidad	Temperatura, barro, ventilación, agua, morbilidad.	Atribuir toda caída de rendimiento a la dieta.	Registros climáticos, agua, tratamientos y necropsias.
Resultado	GMD, conversión, bajas, canal, coste/kg.	Evaluar solo coste por tonelada.	Cuadro de mando por lote y fase.

Tabla 7. Datos esenciales para una formulación de precisión.

8.3. Ciclo de control

- Definir el objetivo y la restricción dominante.
- Caracterizar el lote y los ingredientes con datos actuales.
- Generar una formulación base y escenarios alternativos.
- Revisar viabilidad física, logística y de transición.
- Implantar con un plan de cambio y un periodo de observación.
- Comparar predicción y respuesta; documentar desviaciones.
- Actualizar la matriz o el modelo cuando el sesgo sea sistemático.

INDICADOR ECONÓMICO

La decisión debe basarse en coste por kilo de ganancia o margen por animal, no únicamente en coste por tonelada. Una dieta más barata puede aumentar el coste total si reduce consumo estable, ganancia o salud.

Fuentes principales: 2,6,8,11.

9. Programa práctico de alimentación por fases

La fase productiva modifica la prioridad nutricional y el margen de seguridad. El mismo nivel de concentración no es apropiado para un ternero recién llegado, un animal en crecimiento compensatorio y un macho pesado en acabado. El programa debe diseñarse como una secuencia, no como fórmulas aisladas.

9.1. Recepción y adaptación

- Priorizar acceso inmediato a agua limpia y alimento conocido o de transición.
- Evitar cambios simultáneos de alojamiento, presentación, cereal y nivel de concentración.
- Aumentar la densidad energética de forma escalonada y condicionada a consumo estable y heces normales.
- Separar animales con enfermedad, escaso consumo o gran diferencia de peso para reducir competencia.
- Registrar consumo, incidencias respiratorias, tratamientos y mortalidad desde el primer día.

9.2. Crecimiento

En crecimiento se busca sostener deposición de proteína y desarrollo corporal. El riesgo más frecuente es asumir que una alta concentración compensa una baja ingestión. Si el consumo es inferior al previsto, deben recalcularse densidad energética, proteína metabolizable y minerales. El lote debe mantener un patrón regular de consumo y una fibra funcional suficiente para evitar oscilaciones.

9.3. Acabado

En acabado aumenta el interés por densidad energética, pero también el coste de la inestabilidad. La subida de cereal solo es razonable cuando el consumo, la rumia, las heces y el reparto son consistentes. La aparición de grano en heces exige revisar procesado y paso; la caída de consumo tras un aumento de concentración sugiere que el sistema ha superado su margen de seguridad.

9.4. Terneros lactantes y destete

El objetivo de la lactancia es desarrollar consumo de sólido y función ruminal. El destete debe decidirse con base en consumo y estabilidad, no únicamente por edad. Las fuentes aportadas recomiendan transiciones progresivas y destacan la importancia de pienso fresco, agua y una fuente fibrosa adecuada. Los cambios de leche, pienso, alojamiento y grupo no deberían coincidir cuando puedan escalonarse.^[3]

9.5. Suplementación en pastoreo

La suplementación debe partir de la caracterización del pasto y del objetivo productivo. Un suplemento energético puede mejorar la utilización de un forraje proteico, pero también sustituir consumo de pasto. En periodos de baja disponibilidad, el acceso desigual puede amplificar la variabilidad del lote. La adaptación, la frecuencia de reparto y el número de puntos de suministro son parte de la formulación.

Fase	Objetivo nutricional	Riesgos dominantes	Prioridad del asesor
Recepción y adaptación	Restablecer consumo, hidratación y regularidad ruminal; reducir variación individual.	Cambios bruscos, ayunos, mezcla de orígenes, exceso de finos, acceso irregular a agua o paja.	Transición escalonada; lotes homogéneos; oferta constante; revisar comederos, agua y heces dos veces al día.
Crecimiento	Maximizar crecimiento magro y desarrollo funcional sin comprometer el rumen.	Subnutrición energética o proteica, selección de partículas, escasa fibra efectiva, variabilidad de consumo.	Ajustar densidad a ingestión real; verificar proteína metabolizable; controlar tamaño de partícula y homogeneidad.
Acabado	Elevar densidad energética y eficiencia manteniendo estabilidad digestiva y calidad de canal.	Acidosis subaguda, caída de consumo, heces muy líquidas, grano en heces, exceso de engrasamiento.	Incrementar energía solo con consumo estable; mantener fibra funcional; revisar procesado de cereal y frecuencia de reparto.
Ternero lactante y destete	Consolidar consumo de sólido y transición sin depresión postdestete.	Destete por edad sin criterio de consumo, cambios simultáneos, baja palatabilidad, problemas de agua.	Destetar por consumo y estabilidad; minimizar cambios; asegurar pienso fresco, agua y una fuente fibrosa adecuada.
Suplementación en pastoreo	Cubrir el déficit estacional sin sustituir innecesariamente el forraje disponible.	Sobreconsumo, desequilibrio proteína-energía, adaptación insuficiente, acceso desigual.	Caracterizar pasto y lote; definir objetivo; introducir el suplemento gradualmente y auditar respuesta.

Tabla. Marco de decisión por fase productiva en sistemas ibéricos.

Los objetivos y niveles de formulación deben recalcularse con el modelo nutricional elegido y con la composición analítica real de los ingredientes.

Fuentes principales: 3,4,5,9.

10. Fabricación, reparto, comedero y agua

La fábrica y la granja forman un único sistema nutricional. Una fórmula correcta puede perder su función por errores de dosificación, molienda, mezcla, granulación, transporte, almacenamiento o reparto. El asesor debe auditar el alimento físico y no limitarse a revisar una hoja de formulación.

10.1. Calidad física del pienso

- Granulometría: comprobar distribución, no solo tamaño medio. Los extremos —muchos finos o grano poco procesado— pueden coexistir.
- Homogeneidad: revisar microingredientes, secuencia de carga, tiempo de mezcla y segregación durante transporte.
- Gránulo: controlar dureza, durabilidad y finos; un gránulo perfecto en fábrica puede llegar degradado al comedero.
- Materia seca: ajustar inclusiones y consumos cuando cambie la humedad de subproductos o forrajes.
- Estabilidad: vigilar calentamiento, mohos, enranciamiento y contaminación de silos o comederos.

10.2. Lectura del comedero

La lectura del comedero es una medida de la interacción dieta-animal. Debe registrar cantidad y tipo de rechazo, distribución de partículas, finos, humedad, olor y horario. La ausencia total de rechazo puede indicar precisión o restricción; un comedero lleno puede reflejar exceso de oferta o una caída de consumo. La interpretación requiere tendencia temporal y comparación con el reparto.

10.3. Agua

El agua es el nutriente que más rápidamente limita el consumo. Caudal insuficiente, bebederos sucios, mala ubicación, competencia o calidad deficiente reducen ingestión y amplifican el estrés térmico. Toda investigación de bajo consumo debe incluir inspección directa del agua, no solo confirmación de que “hay bebederos”.

Punto de control	Qué observar	Riesgo	Acción
Tolva o silo	Segregación, condensación, finos, limpieza.	Alimento heterogéneo o deteriorado.	Muestrear en varios puntos y revisar descarga.
Comedero	Rechazo, selección, humedad, horario.	Ayuno-sobreconsumo, variación individual.	Estandarizar lectura y ajustar reparto.
Bebedero	Caudal, limpieza, acceso, temperatura.	Caída de consumo y rendimiento.	Medir caudal y observar competencia.
Mezcladora	Orden de carga, tiempo, llenado.	Baja homogeneidad y segregación.	Prueba de homogeneidad y revisión operativa.
Transporte	Vibración, distancia, descarga.	Separación de partículas y rotura de gránulo.	Muestrear a salida y llegada.

Tabla 8. Auditoría física de la alimentación.

Fuentes principales: 5,9,10.

11. Ajustes por ambiente, sanidad y variabilidad del lote

La respuesta a la dieta cambia con el ambiente y el estado sanitario. El frío, el calor, el barro y la enfermedad modifican mantenimiento, consumo y partición de nutrientes. La formulación debe incorporar estos efectos como escenarios y la gestión debe reducir su impacto operativo.

11.1. Estrés por calor

El calor reduce el consumo y altera el patrón horario. La prioridad es asegurar agua, sombra o ventilación cuando corresponda, evitar acumulación de fermentación en las horas más calurosas y mantener regularidad de reparto. Aumentar densidad energética puede ayudar a cubrir necesidades con menor consumo, pero incrementa el riesgo digestivo si se hace sin adaptación o con una dieta ya muy fermentable.

11.2. Frío y barro

El frío aumenta el gasto de mantenimiento; el barro añade actividad, pérdida de aislamiento y dificultad de acceso. La corrección no debe limitarse a subir energía en el software: es necesario mejorar cama, drenaje, protección y disponibilidad de comedero. La respuesta esperada debe ajustarse al coste energético adicional y a la reducción potencial de consumo.

11.3. Salud y crecimiento compensatorio

Los animales con historial de restricción pueden mostrar mayor capacidad de consumo y crecimiento compensatorio. También pueden presentar una elevada variabilidad. La enfermedad respiratoria, parasitaria o digestiva reduce consumo y eficiencia, y puede alterar el peso sin reflejar composición corporal normal. La dieta debe adaptarse al estado real del lote, no al peso teórico.

11.4. Segregación por potencial

La agrupación por peso, sexo, condición y capacidad de consumo reduce competencia y permite formular para grupos más homogéneos. No siempre es posible segmentar físicamente, pero el asesor puede trabajar con fases, corrales centinela y análisis de dispersión para evitar que el promedio oculte subgrupos limitados.

DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

Ante una caída de ganancia, no cambie la fórmula hasta separar cuatro causas: menor consumo, mayor mantenimiento, peor digestibilidad y enfermedad. Cada una exige una intervención distinta.

Fuentes principales: 2,8,9.

12. Monitorización, diagnóstico y resolución de problemas

La monitorización debe combinar indicadores productivos, observación de animales, lectura del alimento y control de proceso. Ningún indicador aislado es diagnóstico. La tendencia y la asociación temporal con cambios de dieta, clima, lote o fabricación son más informativas que una fotografía puntual.

12.1. Indicadores mínimos

- Gestión de materia seca por lote y su variación diaria o semanal.
- Ganancia media diaria y distribución de pesos, no solo promedio.
- Índice de conversión y coste por kilo de ganancia.
- Mortalidad, morbilidad, tratamientos y causas de retirada.
- Consistencia de heces, presencia de grano o burbujas y contaminación perineal.
- Rumia, comportamiento, competencia, selección y tiempo de consumo.
- Rechazo, finos, granulometría y homogeneidad del alimento.
- Datos de canal: peso, conformación, engrasamiento y decomisos cuando estén disponibles.

Hallazgo	Hipótesis principales	Comprobación prioritaria
Consumo bajo y comedero con alimento	Agua, enfermedad, palatabilidad, calentamiento, exceso de finos, cambio brusco.	Medir agua; inspeccionar olor/temperatura; revisar tratamientos y cronología; comparar lotes.
Consumo muy variable	Ayuno-sobreconsumo, reparto irregular,	Estandarizar horario; revisar espacio; analizar variación

Hallazgo	Hipótesis principales	Comprobación prioritaria
	competencia, transición rápida.	de entrega y rechazo.
Heces blandas y espumosas	Exceso de fermentación rápida o almidón en intestino grueso.	Revisar cereal, procesado, fibra funcional, adaptación y grano en heces.
Grano visible en heces	Procesado insuficiente, paso rápido, sobrecarga postruminal.	Analizar granulometría, humedad, ingestión y mezcla; no asumir solo “falta de molienda”.
Conversión peor con consumo normal	Digestibilidad, salud subclínica, mayor mantenimiento, composición de ganancia.	Revisar ambiente, canal, procesado, análisis y fase productiva.
Laminitis/abscesos hepáticos	Inestabilidad ruminal prolongada.	Auditar transición, pH indirecto, fibra efectiva, frecuencia y patrón de consumo.
Variación elevada dentro del lote	Heterogeneidad inicial, competencia, enfermedad o cobertura desigual de requerimientos.	Segregar cuando sea posible; analizar percentiles; revisar acceso a agua y comedero.

Tabla 9. Matriz de diagnóstico de campo.

12.2. Orden de investigación

- Confirmar el dato: periodo, base de materia seca, inventario y pesos.
- Construir una cronología de cambios: dieta, materia prima, fábrica, clima, lote, sanidad.
- Inspeccionar agua, comedero, pienso y heces antes de interpretar el software.
- Comparar corrales afectados y no afectados.
- Tomar muestras representativas y definir la pregunta analítica.
- Modificar una variable cada vez cuando sea posible y establecer un criterio de éxito.

Fuentes principales: 1,2,5,9,10.

13. Protocolo de visita del asesor

Una visita técnica eficaz debe producir una hipótesis verificable y un plan de seguimiento, no solo una lista de observaciones. El siguiente protocolo puede aplicarse en cebaderos intensivos y adaptarse a sistemas de pastoreo o recría.

13.1. Antes de la visita

☐	Solicitar composición de dietas, lotes, consumos, pesos, conversiones, bajas y cambios recientes.
☐	Revisar materias primas nuevas, proveedores, análisis y desviaciones de coste.
☐	Definir la pregunta principal y el periodo de comparación.
☐	Preparar un muestreo dirigido: pienso, cereal, forraje, agua o heces según la hipótesis.

13.2. Durante la visita

☐	Observar animales antes de entrar al corral: distribución, rumia, competencia y respiración.
☐	Inspeccionar agua y medir caudal en puntos representativos.
☐	Leer comederos: cantidad, partículas, finos, humedad, olor y distribución.
☐	Comparar el alimento ofrecido, el recién descargado y el rechazo.
☐	Examinar heces en varios puntos y animales, evitando seleccionar solo casos extremos.

- | | |
|--------------------------|--|
| ☐ | Revisar almacenamiento, mezclado, descarga, horarios y registros de fabricación. |
| ☐ | Entrevistar al personal con preguntas cronológicas y concretas. |
| ☐ | Seleccionar corrales afectados y controles comparables. |

13.3. Después de la visita

- | | |
|--------------------------|--|
| ☐ | Resumir hechos confirmados, hipótesis y datos pendientes. |
| ☐ | Priorizar acciones según impacto, urgencia y reversibilidad. |
| ☐ | Definir responsable, fecha y criterio de éxito para cada acción. |
| ☐ | Evitar cambios múltiples que impidan atribuir la respuesta. |
| ☐ | Programar revisión de datos y, si procede, una nueva visita. |

PROTOCOLO DE RECOMENDACIÓN

La recomendación debe responder a cinco preguntas: qué cambiar, por qué, cómo implantarlo, qué vigilar y qué dato confirmará que ha funcionado.

14. Casos prácticos de campo

Caso 1. Bajo consumo tras cambio de partida de cereal

Situación: el consumo cae dos días después de recibir una nueva partida, sin aumento evidente de enfermedad. El pienso presenta más finos y el comedero conserva material de olor diferente. La formulación teórica no ha cambiado.

Hipótesis: cambio de humedad, granulometría o palatabilidad; segregación durante transporte; alteración de fermentación rápida.

Plan: retener muestra de ambas partidas, analizar humedad y granulometría, revisar molienda y descarga, comprobar agua y comparar corrales alimentados antes y después. Mantener un alimento de transición si existe disponibilidad.

Criterio de éxito: recuperación progresiva del consumo sin incremento de heces anormales durante los días siguientes.

Caso 2. Heces blandas y grano visible en acabado

Situación: animales pesados con consumo alto, heces variables y partículas de cereal visibles. La ganancia se mantiene, pero empeora la conversión.

Hipótesis: coexistencia de procesamiento insuficiente en una fracción y exceso de velocidad de paso; posible sobrecarga de almidón postruminal.

Plan: medir distribución granulométrica, revisar porcentaje de finos y granos enteros, consumo por animal, frecuencia de reparto y fibra funcional. No aumentar molienda sin valorar el riesgo de fermentación ruminal.

Criterio de éxito: menor grano en heces, mayor uniformidad fecal y mejora de conversión sin caída de consumo.

Caso 3. Conversión peor en invierno con fórmula estable

Situación: la composición del pienso y el consumo aparente son similares, pero la ganancia disminuye durante semanas de lluvia y barro.

Hipótesis: aumento de mantenimiento, menor confort, actividad adicional y posibles errores de estimación de materia seca o rechazo.

Plan: cuantificar condiciones del corral, revisar cama y drenaje, comprobar materia seca, ajustar expectativas y simular un escenario de mayor mantenimiento. Corregir primero el ambiente cuando sea posible.

Criterio de éxito: recuperación de consumo útil y ganancia tras mejora del entorno o ajuste nutricional documentado.

Caso 4. Depresión postdestete en terneros

Situación: el destete coincide con cambio de alojamiento y pienso. El consumo de sólido previo no estaba registrado y aparecen terneros retrasados.

Hipótesis: destete basado en edad y no en consumo; demasiados cambios simultáneos; acceso o palatabilidad insuficientes.

Plan: establecer criterio de consumo estable, mantener continuidad de pienso y ambiente, asegurar agua, revisar presentación y separar animales de bajo consumo.

Criterio de éxito: consumo creciente y menor dispersión de peso durante la transición.

Fuentes principales: 1,3,4,5,9,10.

15. Conclusiones y reglas de decisión

- Formule el sistema, no solo el pienso: animal, alimento, proceso, ambiente y manejo deben ser coherentes.
- La energía es un flujo con pérdidas y prioridades; el mantenimiento se cubre antes que la ganancia.
- La seguridad ruminal depende de la cinética y del patrón de consumo, no únicamente del porcentaje de fibra.
- La proteína útil es proteína metabolizable; el bypass nominal no garantiza aminoácidos absorbibles.
- Los sistemas clásicos siguen siendo válidos cuando se utilizan dentro de su dominio y se calibran con datos locales.
- La nutrición de precisión empieza por medir bien y termina al verificar la respuesta.
- El coste por tonelada es un indicador incompleto; priorice coste por kilo producido y margen por animal.
- Una modificación técnica debe incluir plan de transición, riesgo esperado y criterio de éxito.
- La variabilidad del lote es información; no debe ocultarse detrás del promedio.
- El asesor aporta valor cuando convierte observaciones en hipótesis, acciones y aprendizaje documentado.

SÍNTESIS FINAL

El objetivo no es alimentar al “animal medio” con la fórmula más barata, sino gestionar un sistema biológico variable para obtener una respuesta productiva predecible, rentable y compatible con la salud ruminal.

Anexo 1. Ficha mínima de datos para formulación y seguimiento

Bloque	Datos mínimos
Identificación	Granja, corral, lote, fecha de entrada, origen.
Animal	Número, sexo, raza/cruce, peso medio y dispersión, condición, historial.
Objetivo	Peso/edad de salida, ganancia, canal, coste o margen.
Consumo	Alimento ofrecido, rechazo, materia seca, consumo por lote y periodo.
Dieta	Fórmula, presentación, cereal, fibra, aditivos, cambios y fechas.
Ingredientes	Proveedor, lote, análisis, humedad, precio, restricciones.
Proceso	Molienda, mezcla, granulación, secuencia de carga, transporte.
Manejo	Repartos, horarios, espacio, lectura de comedero, agua.
Ambiente	Temperatura, humedad, lluvia, barro, sombra, ventilación.
Sanidad	Morbilidad, tratamientos, bajas, causas y cronología.
Resultado	Pesos, GMD, conversión, canal, decomisos, coste/kg.
Observación	Heces, rumia, selección, finos, grano visible, comportamiento.

Tabla 10. Ficha de captura de datos. Añada unidades, fuente y nivel de confianza.

NIVEL DE CONFIANZA

Clasifique cada dato como medido, calculado o estimado. Esta distinción evita que una cifra aparentemente precisa domine el modelo sin una base real.

Anexo 2. Checklist de auditoría en cebadero

Lista de verificación

☐	Lotes definidos por fase, peso, sexo y objetivo.
☐	Pesos de entrada y salida con dispersión conocida.
☐	Consumo calculado en materia seca y reconciliado con inventario.
☐	Agua limpia, accesible y con caudal suficiente.
☐	Transiciones de dieta documentadas y progresivas.
☐	Materia seca de forrajes y subproductos actualizada.
☐	Granulometría y finos controlados en fábrica y comedero.
☐	Fibra valorada por función física y no solo por FND.
☐	Homogeneidad de mezcla y descarga verificadas.
☐	Rechazos y selección observados de forma sistemática.
☐	Heces, rumia y comportamiento registrados por lote.
☐	Cambios de consumo relacionados con clima y sanidad.
☐	Conversión interpretada por fase y composición de ganancia.
☐	Resultados de canal incorporados al análisis.
☐	Coste evaluado por kilo producido y margen, no solo por tonelada.
☐	Recomendaciones con responsable, plazo y criterio de éxito.

Bibliografía

Las referencias se presentan siguiendo un formato próximo al de la American Medical Association (AMA), con los datos disponibles en el documento bibliográfico aportado. No se han completado por inferencia los elementos que no figuraban en la fuente.

1. Bacha Baz F. Introducción al aprovechamiento post-ruminal. Nutrición Animal.
2. Guarnido López P. ¿Siguen siendo válidos los sistemas clásicos de alimentación en bovino de cebo? Nutrición Animal. Texas A&M University.
3. Maynou G. Estrategias para promover el consumo de pienso en terneros lactantes. Zoetis España. 2026. Disponible en: <https://www2.zoetis.es/blog-especialistasennovillas/posts/estrategias-promover-consumo-pienso-terneros-lactantes>
4. Aygaguer S, Iriñiz J, Martínez V. Evaluación de fuentes alternativas de fibra en dietas altamente concentradas para novillos y terneros alimentados a corral. Tesis. Montevideo: Universidad de la República; 2011. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/>
5. Hernández J, Vázquez-Chas P, Castillo C, et al. Influencia del tipo de cereal en la producción de terneros de cebo: resultados de una experiencia real. Mundo Ganadero. 2010;(Noviembre):46-52.
6. Soto C, Reinoso V. Modelo de formulación de raciones al mínimo costo para ganado de carne basado en el sistema NRC 2000. Archivos de Zootecnia. 2012;61(234):231-242. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922012000200010
7. Grupo Suplemin. Núcleo vitamínico-mineral concentrado: Magnemax Bovimax. Ficha técnica.
8. Motta R. Nutrición de precisión aumenta el peso del ganado y reduce desperdicios. My Minerva. 2026. Disponible en: <https://myminerva.minervafoods.com/es/nutricion-de-precision-aumenta-peso-ganado-reduce-desperdicios/>
9. Mendizabal JA, Purroy A, Albertí P. Producción y nutrición de terneros. Mundo Ganadero. 2008;(Octubre):34-42.
10. Sánchez F, Hidalgo J. Una nota sobre la distribución físicamente efectiva de fibra y partículas en las raciones de ganado vacuno. Ganadería.com. 2024. Disponible en: <https://www.ganaderia.com/articulos/una-nota-sobre-la-distribucion-fisicamente-efectiva-de-fibra-y-particulas-en-las-raciones-de-ganado-vacuno>
11. Sainz RD, Fernández C, Baldwin RL. Valoración de alimentos para rumiantes en cebo: el sistema americano NRC. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA).

Documento técnico elaborado a partir de las fuentes aportadas. Los niveles y recomendaciones concretas deben validarse con el sistema de formulación, la legislación vigente, los análisis de laboratorio y las condiciones reales de cada explotación.