



**Impacto negativo del consumo de carbohidratos no estructurales en la dieta del caballo:
Revisión sistemática.**

Autor

Ana Sofía Mendoza Marín

Medica Veterinario

Director

Nelson William Correa Toro

Grupo de Investigación

ECOBIO Ecología y Conservación de la Biodiversidad

Línea de Investigación

Medicina de la conservación animal

Facultad de Ciencias Básicas

Programa de Medicina Veterinaria

Universidad Santiago de Cali Santiago de

Cali - Colombia

2026

IMPACTOS

Relacione el (los) impacto(s) que presentó el Trabajo de Grado según los siguientes criterios:

IMPACTO	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Económico		
Responsabilidad social	Revisión sistemática de libre acceso que promueve prácticas de manejo nutricional basadas en evidencia	Comunidad de médicos veterinarios, cuidadores y propietarios de caballos
Científico	Síntesis de evidencia publicada 2015–2025 sobre CNE; identificación de un umbral práctico de seguridad (~0.1 g CNE/kg peso vivo/comida)	Comunidad científica veterinaria, investigadores en nutrición equina
Indicadores de gestión	Umbral cuantificable de CNE para el diseño de dietas seguras; parámetros de monitoreo estacional de CNE en pasturas	Clínicas veterinarias, haras, centros de entrenamiento equino
Tecnológico		
Técnico	Criterios técnicos para la formulación de dietas bajas en CNE y protocolos de restricción de pastoreo estacional	Médicos veterinarios, nutricionistas animales, zootecnistas
Ambiental	Orientaciones para un manejo más sostenible del pastoreo, reduciendo el sobrepastoreo en épocas de alto CNE	Ecosistemas de pastizales, sistemas de producción equina extensiva
Social	Mejora del bienestar animal en caballos de deporte, trabajo y recreación; apropiación social del conocimiento veterinario	Propietarios, jinetes, comunidades rurales, sector equino en general
Cultural		

*Incluir los productos obtenidos derivados de la investigación como: apropiación social del conocimiento, generación de nuevo conocimiento entre otros.

IMPACTO NEGATIVO DEL CONSUMO DE CARBOHIDRATOS NO ESTRUCTURALES EN CABALLOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Ana Sofía Mendoza Marín (@usc.edu.co)

¹Grupo de Investigación, Programa de Medicina Veterinaria. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Santiago de Cali. Campus Pampalinda Calle 5 # 62-00. Santiago de Cali. Colombia

RESUMEN

El aumento en el uso de concentrados energéticos y las variaciones en la composición de las pasturas han incrementado la exposición de los caballos a dietas con alto contenido de carbohidratos no estructurales (CNE). Esta revisión sistemática tuvo como objetivo analizar la evidencia científica reciente sobre el impacto del consumo elevado de CNE en la salud metabólica y digestiva del caballo. Se revisaron estudios publicados entre 2015 y 2025 que evaluaron los efectos fisiológicos y clínicos asociados a dietas ricas en almidones, azúcares simples y fructanos.

Los resultados evidencian que el consumo excesivo de CNE se asocia con alteraciones metabólicas importantes, incluyendo hiperinsulinemia sostenida, resistencia a la insulina y acumulación de grasa regional, factores estrechamente relacionados con el síndrome metabólico equino. Asimismo, varios estudios reportan que las dietas con alta carga de CNE favorecen procesos de fermentación rápida en el intestino grueso, lo que puede alterar la microbiota intestinal, generar disbiosis e inducir la inflamación sistémica. Estas alteraciones contribuyen al desarrollo de trastornos digestivos y metabólicos, especialmente la laminitis endocrinopática.

En conjunto, la evidencia respalda que el control del aporte de carbohidratos no estructurales en la dieta equina constituye una estrategia clave para la prevención de alteraciones metabólicas y digestivas. Estos hallazgos resaltan la importancia de implementar prácticas de manejo nutricional orientadas a regular el consumo de CNE y preservar la salud metabólica del caballo.

Palabras clave: *carbohidratos no estructurales, alimentación equina, síndrome metabólico equino, laminitis, metabolismo.*

NEGATIVE IMPACT OF NON-STRUCTURAL CARBOHYDRATE CONSUMPTION IN HORSES: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

The increased use of energy concentrates and variations in pasture composition have increased horses' exposure to diets high in non-structural carbohydrates (CNE). This systematic review aimed to analyze recent scientific evidence on the impact of high CNE consumption on the metabolic and digestive health of horses. Studies published between 2015 and 2025 evaluating the physiological and clinical effects of diets rich in starches, simple sugars, and fructans were reviewed.

The results show that excessive CNE consumption is associated with significant metabolic alterations, including sustained hyperinsulinemia, insulin resistance, and regional fat accumulation, factors closely related to equine metabolic syndrome. Likewise, several studies report that diets high in CNE promote rapid fermentation in the large

intestine, which can alter the intestinal microbiota, induce dysbiosis, and trigger systemic inflammation. These alterations contribute to the development of digestive and metabolic disorders, especially endocrinopathic laminitis.

Overall, the evidence supports the idea that controlling intake of non-structural carbohydrates in the equine diet is a key strategy for preventing metabolic and digestive disorders. These findings highlight the importance of implementing nutritional management practices to regulate CNE intake and preserve the horse's metabolic health.

Keywords: *non-structural carbohydrates, equine nutrition, equine metabolic syndrome, laminitis, metabolism.*

HIGHLIGHTS

- El consumo elevado de carbohidratos no estructurales se asocia con hiperinsulinemia y resistencia a la insulina en caballos.
- Las pasturas también pueden representar una fuente importante de CNE, debido a variaciones estacionales en su contenido de azúcares.
- Las dietas ricas en CNE alteran la microbiota intestinal y favorecen procesos de disbiosis e inflamación sistémica.
- El exceso de CNE está directamente relacionado con síndrome metabólico equino y laminitis endocrinopática.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos cincuenta años, la alimentación de los equinos ha experimentado una transformación significativa como consecuencia de los cambios en su hábitat y manejo, especialmente por la estabulación y la reducción del pastoreo libre (Noble, 2023). Este proceso ha modificado progresivamente la fisiología digestiva del caballo, optimizando la capacidad de su intestino para aprovechar los carbohidratos estructurales provenientes del forraje, pues la microbiota intestinal es capaz de asegurar la digestión de celulosa, hemicelulosa y pectinas, componentes estructurales de las paredes celulares vegetales, que son fermentadas en el intestino grueso para generar ácidos grasos volátiles; una fuente esencial de energía para el metabolismo basal y la actividad muscular de baja intensidad (Ermers et al., 2023).

No obstante, en las últimas décadas se ha generalizado el uso de concentrados comerciales con elevado contenido de carbohidratos no estructurales, tales como el almidón, azúcares simples y fructanos, con el propósito de cubrir las demandas energéticas derivadas del aumento del ejercicio físico, la monta recreativa y el entrenamiento deportivo. Esta tendencia, aunque busca optimizar el rendimiento y la disponibilidad energética, con frecuencia sobrecarga el metabolismo del equino con carbohidratos no beneficiosos, sin considerar los límites fisiológicos de digestión y fermentación propios de la especie, lo cual conlleva a repercusiones metabólicas y digestivas adversas (Ragnarsson et al., 2024; Martin et al., 2023).

Las dietas con alto contenido de carbohidratos no estructurales inducen en los caballos una hiperglucemia e hiperinsulinemia postprandial, que reduce la respuesta de los tejidos periféricos a la acción de la insulina y favorece

un desequilibrio metabólico progresivo (Bertin & De Laat, 2017). Este estado hiperinsulinémico sostenido estimula la acumulación de grasa regional y la activación de la lipogénesis hepática, alterando la homeostasis energética y hormonal del organismo (Brokner et al., 2016; Delarocque et al., 2021). Cuando estas alteraciones se mantienen en el tiempo, predisponen el desarrollo del síndrome metabólico equino, una afección endocrina caracterizada por la resistencia insulínica, obesidad localizada y el riesgo elevado de laminitis (Szmukier et al., 2023).

Sumado a eso, el incremento en la ingesta de carbohidratos no estructurales (CNE) no solo impacta la regulación hormonal de los caballos, sino que también incide en la salud gastrointestinal, alterando las condiciones de fermentación en el intestino grueso según Ermers et al. (2023). La sustitución parcial del heno por piensos energéticos provoca una fermentación rápida y ácida, lo que lleva a una disminución del pH en el ciego y a una reducción de bacterias celulolíticas como *Fibrobacter succinogenes* y *Ruminococcus flavefaciens* (Boucher et al., 2024). Esta alteración en las comunidades microbianas resulta en una menor producción de butirato y propionato, que son metabolitos esenciales para el funcionamiento intestinal y la regulación de la energía. Al mismo tiempo, la producción excesiva de lactato y la acumulación de endotoxinas contribuyen a la disbiosis intestinal, la cual se ha asociado con procesos inflamatorios a nivel sistémico y con la disminución de la sensibilidad a la insulina (Boucher et al., 2024).

A pesar de la creciente cantidad de estudios sobre los efectos metabólicos de las dietas ricas en carbohidratos no estructurales, en la literatura científica aún permanecen vacíos y ambigüedades, con variabilidad en los modelos experimentales, las fuentes de carbohidratos utilizadas y los biomarcadores evaluados (Murray et al., 2015). Algunos trabajos se centran en la respuesta glucémica e insulinemia inmediata mientras que otros abordan las consecuencias fisiopatológicas a largo plazo (Bertin & De Laat, 2017). Esta dispersión impide establecer conclusiones comparativas sólidas y limita la aplicación clínica de la evidencia en el diseño de dietas seguras.

Es por ello por lo que resulta importante desarrollar una revisión sistemática, que sintetice de manera rigurosa los hallazgos recientes plasmados en artículos científicos o reportes de casos de antigüedad no mayor a una década sobre el impacto negativo del consumo de carbohidratos no estructurales en la dieta del caballo, para así proporcionar una base científica sólida para la formulación dietética preventiva frente a la insulinoresistencia, la infosura y el síndrome metabólico en los equinos.

OBJETIVO GENERAL:

Encontrar el impacto negativo del consumo de carbohidratos no estructurales en la dieta del caballo con el propósito de fundamentar ajustes nutricionales más adecuados y seguros para su metabolismo

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar y clasificar los tipos de fuentes dietéticas de carbohidratos no estructurales empleados en la alimentación equina.

- Sintetizar y analizar la evidencia científica sobre los efectos negativos metabólicos, endocrinos y digestivos del consumo de carbohidratos no estructurales.
- Describir las implicaciones nutricionales y fisiopatológicas negativas del consumo de carbohidratos no estructurales en la especie equina.

2. METODOLOGÍA

2.1. Búsqueda bibliográfica y criterios de inclusión y exclusión.

La presente investigación corresponde a una revisión sistemática desarrollada bajo los lineamientos metodológicos de PRISMA, con un enfoque descriptivo y analítico de tipo documental, orientada a recopilar, evaluar y sintetizar críticamente la evidencia científica disponible sobre el impacto negativo del consumo de carbohidratos no estructurales en la dieta del caballo.

2.2. Estrategia de búsqueda bibliográfica

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en bases de datos científicas internacionales de gran relevancia, incluyendo *Scopus*, *PubMed*, *ScienceDirect*, y *MDPI*, mediante operadores booleanos y términos controlados, con el propósito de asegurar la exhaustividad y la adecuación de la información recolectada. Las ecuaciones de búsqueda incluyeron expresiones como: (“*non-structural carbohydrates*” OR “*starch*” OR “*simple sugars*” OR “*fructans*”) AND (“*equine*” OR “*horse*”) AND (“*metabolism*” OR “*insulin resistance*” OR “*metabolic syndrome*” OR “*laminitis*” OR “*digestive microbiota*”) NOT (“*ruminant*” OR “*bovine*” OR “*feline*”).

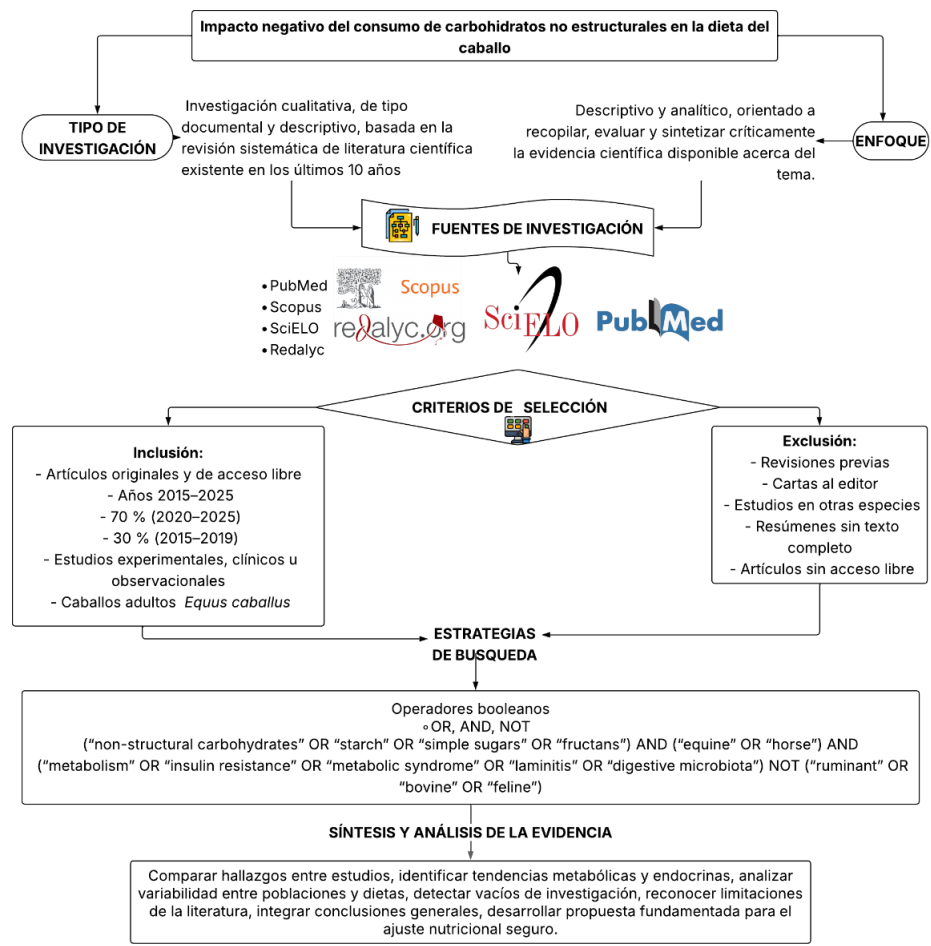
Tras la búsqueda, se seleccionaron 10 artículos científicos originales de acceso libre publicados entre 2015 y 2025, de los cuales el 90 % correspondió a los últimos cinco años (2020–2025) y el 10 % restante al periodo comprendido entre 2015 y 2019. Se incluyeron investigaciones experimentales, observacionales y clínicas desarrolladas en caballos adultos (*Equus caballus*) que evaluaron los efectos del consumo de carbohidratos no estructurales sobre variables metabólicas, endocrinas o gastrointestinales. Se excluyeron las revisiones narrativas y sistemáticas previas, cartas al editor, estudios en otras especies, resúmenes sin texto completo y artículos sin acceso libre.

2.3. Selección y revisión de textos

El proceso de revisión se estructuró en tres fases principales: 1) la identificación y cribado de los estudios mediante criterios de inclusión y exclusión previamente definidos; 2) la lectura crítica y extracción de información relevante, registrando datos sobre diseño metodológico, tipo y fuente de carbohidrato, variables fisiológicas medidas y resultados principales; y 3) la síntesis cualitativa y analítica de los hallazgos, enfatizando tendencias, vacíos de conocimiento y limitaciones metodológicas en la literatura actual.

La organización y gestión de las referencias bibliográficas se realizó mediante el software Zotero, el cual funciona almacenando artículos científicos (PDF, metadatos, enlaces), crea la bibliografía y cita en diferentes formatos para insertar directamente en el documento, lo que permitirá identificar información de fuentes certeras, y evitar duplicados, así como la inserción de las citas, normalización y control de estas lo largo de la realización del documento.

Figura 1. Esquema de la metodología de investigación



Elaboración propia.

3. DESARROLLO Y DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática incluyó 10 estudios publicados entre el 2015 y 2025, permitió identificar una tendencia consistente en la literatura reciente (2015–2025) respecto al impacto negativo de los carbohidratos no estructurales (CNE) en la fisiología metabólica y digestiva del caballo. Los estudios incluidos abarcaron diseños experimentales controlados, ensayos cruzados, estudios longitudinales en pastoreo y ensayos clínicos con intervención dietaria.

Tabla 1. Síntesis de los estudios incluidos

Estudio (primer autor/año)	Diseño metodológico	Tipo y fuente de carbohidrato no estructural	Variables fisiológicas medidas	Resultados principales
Kerley, Harris, Jacquay, et al., 2025	Experimental y observacional en campo con medición de CNE en pasturas y seguimiento de ocurrencia de laminitis en caballos en pastoreo.	Azúcares simples, almidón y fructanos de pasturas templadas; CNE de gramíneas en diferentes momentos del día/estación.	Incidencia de laminitis, condición corporal, comportamientos de pastoreo.	Altos niveles de CNE en pasturas (especialmente en condiciones frías y soleadas) se asociaron con aumento de casos de laminitis en equinos susceptibles, destacando la necesidad de restringir el acceso a pastos ricos en CNE.
Kaufman, Harris, et al., 2018	Observacional longitudinal en caballos en pastoreo a lo largo de las estaciones, con medición de CNE y parámetros fisiológicos.	CNE de pasturas en estación cálida/fría (azúcares y almidón en forraje fresco).	Glucosa plasmática, insulina, frecuencia cardíaca, condición corporal, cambios estacionales de CNE en el pasto.	Incrementos estacionales de CNE en pasturas que se asociaron con elevaciones en glucosa e insulina, indicando mayor riesgo metabólico en épocas de alto CNE, especialmente en animales con predisposición.
Knowles et al., 2022	Observacional de cohorte; seguimiento de caballos no laminiticos midiendo factores de riesgo, incluidos parámetros metabólicos relacionados con dietas ricas en CNE.	No se manipula una fuente específica, pero el contexto es la alimentación habitual con forrajes/pastos con CNE; se	Insulina basal y poscarga, glucosa, adiposidad, presencia de endocrinopatías, aparición de laminitis.	Elevaciones de insulina (relacionadas con ingesta de CNE en animales con EMS/ID) fueron fuertes predictores de laminitis, reforzando el vínculo entre los CNE,

		evalúa el impacto del estado metabólico frente a la dieta habitual.		hiperinsulinemia y riesgo de laminitis.
Carver et al., 2023	Experimental/controlado con yeguas. Un grupo expuesto a dieta mixta de heno de leguminosas y gramíneas y un grupo con una dieta mixta de heno de leguminosas complementada con maíz.	Describe almidón y azúcares solubles de granos.	Insulina, micro RNAs, glucosa, triglicéridos, presión arterial, marcadores de inflamación y aparición de laminitis endocrinopática.	Concluye que dietas con alto CNE contribuyen de forma importante al desarrollo y mantenimiento del síndrome metabólico equino y laminitis endocrinopática, recomendando restringir almidón y azúcares en caballos con EMS o en riesgo.
Macon et al., 2022	Experimental/controlado con caballos con desregulación de insulina (ID) expuestos a diferentes cargas de CNE puras.	Almidón y azúcares simples administrados en cantidades crecientes (fuentes concentradas de CNE).	Insulina plasmática postingesta, glucosa, respuesta glicémica/insulinemia a diferentes niveles de CNE.	Se identificaron umbrales de ingesta de CNE, que cuando se superaban, producían un aumento desproporcionado en la respuesta de insulina en caballos con ID, implicando mayor riesgo de laminitis asociada a hiperinsulinemia y la necesidad de limitar estrictamente CNE.

Barnabé et al., 2025	Experimental longitudinal; manipulación del acceso a pasto y del estado corporal para evaluar efectos en la desregulación de la insulina.	CNE procedentes de pasturas (azúcares y almidón) consumidos <i>ad libitum</i> o restringidos.	Insulina basal y post-pastoreo, glucosa, índice HOMA-IR, puntuación de condición corporal.	El consumo de pasto rico en CNE junto con la obesidad redujo significativamente la sensibilidad a la insulina y empeoró la desregulación insulínica, aumentando el riesgo de desarrollar laminitis endocrinopática.
Kaufman, Suagee-Bedore, et al., 2025	Observacional comparativo; caballos con y sin historia de laminitis sometidos a test oral de azúcar y pastoreo estacional.	Azúcares solubles del test oral (azúcar) y CNE de pasturas.	Respuesta de insulina tras test oral de azúcar, glucosa, aparición/recurrencia de signos de laminitis.	Caballos con historia de laminitis mostraron respuestas insulínicas exageradas a las cargas de azúcar y al pastoreo en épocas de alto CNE, indicando que el exceso de CNE en estos animales es especialmente peligroso y debe restringirse.
Irving et al., 2025	Clínico/intervencionista; comparación antes-después de cambiar de dieta alta en almidón a dieta baja en almidón en caballos deportivos.	Almidón y azúcares de piensos concentrados (CNE) reducidos y sustituidos por fibra/grasa.	Composición de microbiota fecal, pH fecal, marcadores de salud gastrointestinal, parámetros de rendimiento.	La reducción de almidón (CNE) mejoró la diversidad y estabilidad del microbiota, disminuyó signos de enfermedad gastrointestinal y favoreció una mejor salud digestiva en caballos deportivos.

Pineu et al., 2024.	Ensayo clínico con intervención dietaria; caballos de deporte con patología gástrica cambiados a dietas bajas en almidón.	Menor aporte de almidón y azúcares de concentrados, mayor proporción de forraje/fibra.	Grado de úlceras gástricas, puntuaciones de dolor al montar (ethogram), condición corporal.	La disminución de CNE en la dieta se asoció con reducción significativa en la gravedad de úlceras gástricas y en signos de dolor durante el trabajo, sugiriendo un efecto negativo del exceso de almidón/azúcares en la mucosa gástrica.
Kerley, Harris, Lea et al., 2025	Experimental cruzado; caballos con ID que recibieron raciones con distintos niveles de CNE y diferentes tamaños de comida.	Almidón y azúcares de raciones concentradas con CNE crecientes; variación en tamaño de la comida (g/kg PV).	Insulina y glucosa postprandiales, área bajo la curva de insulina, tiempo hasta pico.	Raciones con ≥ 0.11 g CNE/kg peso vivo y comidas grandes produjeron respuestas insulínicas muy elevadas en caballos ID, indicando que tanto la concentración como la carga de CNE en una sola toma aumentan el riesgo de hiperinsulinemia y laminitis.

Elaboración propia

Los hallazgos confirman que tanto el almidón, como los azúcares simples y fructanos, provenientes de concentrados o pasturas con alto CNE, generan respuestas metabólicas que pueden predisponer al síndrome metabólico equino y la laminitis endocrinopática (Barnabé et al., 2025; Carver et al., 2023).

3.1. Principales fuentes dietéticas de carbohidratos no estructurales

A partir del análisis de la tabla matriz de los estudios incluidos, se identificó que las principales fuentes dietéticas de carbohidratos no estructurales (CNE) en la alimentación equina provienen tanto de forrajes frescos (pasturas) como de concentrados comerciales y granos. Estas fuentes aportan principalmente almidón, azúcares simples (glucosa, sacarosa) y fructanos, cuya proporción y efecto metabólico varían según el tipo de alimento, su procesamiento y las condiciones de consumo.

En primer lugar, las pasturas constituyen una fuente significativa de CNE, especialmente en forma de azúcares solubles y fructanos. Estudios como los de Kerley, Harris, Jacquay, et al. (2025) y Kaufman, Harris et al. (2018) evidencian que el contenido de CNE en gramíneas puede variar considerablemente según factores ambientales como la estación, la radiación solar y la temperatura, alcanzando niveles elevados en condiciones de clima frío y soleado. Este hallazgo es relevante, ya que demuestra que incluso dietas basadas exclusivamente en pastoreo pueden representar un riesgo metabólico en caballos susceptibles.

Por otro lado, los concentrados comerciales y granos, como el maíz y otros cereales, aportan principalmente almidón y azúcares de rápida digestión, siendo identificados en estudios experimentales (Carver et al., 2023; Macon et al., 2022) como una de las fuentes más críticas de CNE debido a su alta densidad energética y rápida disponibilidad metabólica. Estos ingredientes suelen incluirse en dietas para cubrir demandas energéticas elevadas, pero su consumo excesivo se asocia con respuestas glucémicas e insulínicas exacerbadas.

Asimismo, algunos estudios evaluaron la administración de fuentes purificadas o concentradas de azúcares y almidón, utilizadas en contextos experimentales para medir la respuesta metabólica (Kaufman, Suagee-Bedore et al., 2025; Macon et al., 2022). Estas fuentes permiten establecer umbrales fisiológicos de tolerancia a los CNE, evidenciando que pequeñas variaciones en la carga glucémica pueden desencadenar alteraciones significativas en caballos con desregulación de insulina.

En conjunto, la evidencia recopilada permite clasificar las fuentes de CNE en tres grandes categorías:

1. **Pasturas y forrajes frescos** (ricos en azúcares y fructanos),
2. **Concentrados y granos** (ricos en almidón y azúcares simples),
3. **Fuentes experimentales concentradas** (azúcares y almidones purificados).

Esta clasificación resalta que el riesgo asociado al consumo de CNE no depende únicamente del tipo de dieta, sino también de factores como la cantidad ingerida, la frecuencia de alimentación, el estado metabólico del animal y la variabilidad en la composición de los alimentos.

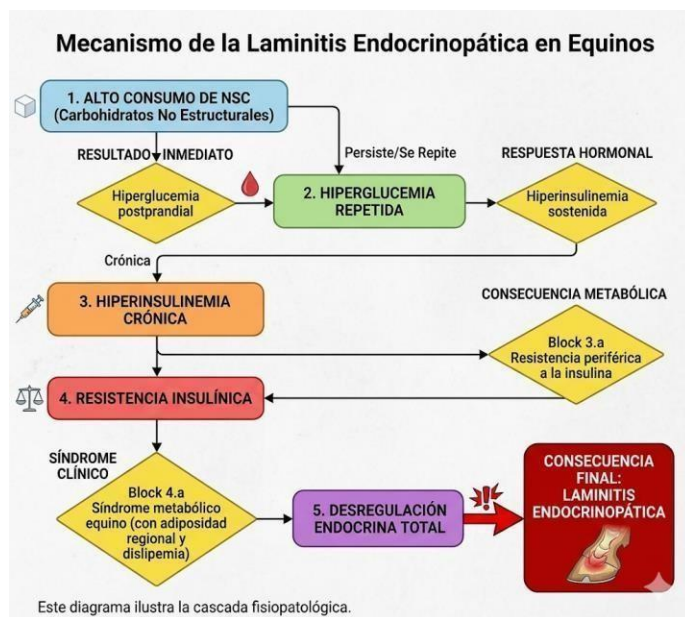
3.2. Impacto metabólico y endocrino

Los estudios experimentales y observacionales analizados coinciden en que el exceso de CNE induce la hiperinsulinemia postprandial, particularmente en caballos con desregulación de insulina (ID por sus siglas en inglés). Los estudios controlados con administración incremental de azúcar y almidón identificaron un umbral aproximado de 0.1 g CNE/kg por peso vivo por comida, por encima del cual se produce una respuesta insulínica significativamente mayor en caballos con ID comparados con caballos sin problemas de insulina (Macon et al., 2022; Kaufman, Suagee-Bedore et al., 2025). Así, este hallazgo aporta un criterio cuantificable que fortalece la

aplicación clínica de la evidencia, superando estudios previos que solo describían la asociación sin establecer límites prácticos (Murray et al., 2015).

Asimismo, investigaciones en caballos con antecedentes de laminitis demostraron que estos animales presentan respuestas insulínicas exacerbadas incluso ante exposiciones moderadas a carbohidratos no estructurales, lo que sugiere una susceptibilidad metabólica persistente provocada por la enfermedad (Kaufman, Suagee-Bedore et al., 2025; Knowles et al., 2022). De igual forma, desde el punto de vista fisiopatológico, la hiperinsulinemia sostenida reduce la sensibilidad periférica a la insulina del equino y favorece acumulación de grasa regional, contribuyendo al desarrollo del síndrome metabólico equino.

Figura 2. Modelo fisiopatológico del impacto de los CNE



Elaboración propia

3.3 Variabilidad estacional del CNE en pasturas

Los estudios longitudinales demostraron que el contenido de CNE en pasturas varía significativamente según la estación, con picos en primavera y en condiciones frías/soleadas (Kerley, Harris, Lea, et al., 2024; Kaufman, Harris, et al., 2018). El aumento estacional de estos carbohidratos se correlacionó con incrementos en la insulina plasmática y en marcadores digestivos como el D-lactato, lo que indica que incluso dietas basadas exclusivamente en pastoreo pueden representar un riesgo metabólico (Pineau et al., 2024). Así, estos hallazgos son particularmente relevantes en sistemas de pastoreo extensivos donde el riesgo del consumo de carbohidratos no estructurales suele subestimarse.

3.4. Efectos digestivos y microbiológicos

Los ensayos clínicos en caballos deportivos mostraron que la reducción del almidón mejora la severidad de úlceras gástricas y favorece la estabilidad de la microbiota (Pineau et al., 2024; Irving et al., 2025). Por el contrario, las dietas altas en almidón promueven una fermentación rápida en el intestino grueso de los caballos, disminución del pH y aumento del lactato, favoreciendo la disbiosis y la potencial inflamación sistémica (Irving et al., 2025; Szmukier et al., 2023). Esto sugiere un eje intestino-metabolismo en el cual el exceso de CNE no solo altera la homeostasis endocrina, sino también la integridad gastrointestinal.

Tabla 2. Impacto comparativo de dietas altas vs bajas en CNE

Parámetro	Dieta alta en CNE	Dieta baja en CNE
Pico insulinémico	Elevado	Moderado/bajo
IAUCi insulina	↑↑ (los niveles aumentan)	↓ (los niveles bajan)
pH intestinal	Disminuido	Estable
Lactato fecal	Elevado	Reducido
Severidad úlceras	Mayor	Menor
Riesgo laminitis	Alto en ID	Reducido

Elaboración propia.

Aunque la evidencia es consistente, se identificaron varias limitaciones que deben ser abordadas en esta discusión, tales como:

- Tamaños muestrales pequeños (n=6 – 30).
- Heterogeneidad en la definición diagnóstica de ID.
- Variabilidad en la composición exacta del carbohidrato no estructural.
- Diferencias en duración de intervenciones.
- Falta de uniformidad en unidades reportadas.

Estas variaciones limitan la posibilidad de realizar metaanálisis cuantitativos robustos y afectan la generalización de umbrales universales. No obstante, la consistencia en la dirección del efecto (hiperinsulinemia asociada a mayor CNE) refuerza la solidez biológica de la asociación presentada en esta revisión.

Aun así, esta revisión aporta la identificación de un umbral práctico y relevante de seguridad (~0.1 g/kg PV/ comida) para integrar el consumo de carbohidratos no estructurales en la dieta equina, así como una integración, confirmada en la literatura revisada, del componente endocrino y digestivo en los caballos. También se dio una confirmación del riesgo estacional del CNE en pasturas, lo que sugiere una base sólida para monitorear el nivel de CNE en pasturas a lo largo del año, previniendo las complicaciones asociadas al consumo alto de estos carbohidratos.

De este modo, se fortalece el sustento científico para ajustes nutricionales dirigidos a reducir el riesgo de síndrome metabólico y laminitis endocrinopática en caballos.

3.5 Futuras líneas de investigación

Con base en las limitaciones encontradas en esta revisión, se recomienda realizar:

- Estudios multicéntricos con mayor tamaño muestral.
- Estandarización de criterios diagnósticos de ID.
- Evaluación diferenciada de fructanos vs almidón.
- Estudios longitudinales del eje microbiota-insulina.
- Metaanálisis con criterios homogéneos.

4. CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática permitió confirmar que el consumo excesivo de carbohidratos no estructurales (CNE) ejerce un impacto negativo multisistémico en el caballo, constituyéndose como un factor determinante en la aparición de alteraciones endocrinas y digestivas de relevancia clínica, como la laminitis. La evidencia científica analizada demuestra que el almidón, los azúcares simples y los fructanos, cuando son suministrados en cantidades que superan la capacidad fisiológica de digestión y fermentación del equino, desencadenan respuestas metabólicas adversas, especialmente la hiperinsulinemia postprandial exacerbada, lo que compromete la homeostasis energética y hormonal del organismo. Estos hallazgos fundamentan la necesidad de establecer ajustes nutricionales estrictos, orientados a la restricción controlada de los almidones y azúcares, particularmente en caballos predispuestos o con antecedentes de desregulación insulínica.

En relación con el primer objetivo específico, se logró identificar y clasificar las principales fuentes dietéticas de CNE en la alimentación equina, confirmando que estas provienen tanto de concentrados comerciales como de forrajes frescos. Se evidenció que las pasturas presentan una alta variabilidad estacional en su contenido de CNE, alcanzando niveles críticos durante la primavera o bajo condiciones climáticas de frío y alta radiación solar. Este comportamiento estacional representa un riesgo metabólico incluso en sistemas basados exclusivamente en pastoreo, lo que desmitifica la percepción de que las dietas sin concentrado son inherentemente seguras en términos de carga glucémica.

Respecto al segundo objetivo específico, el análisis de los efectos metabólicos, endocrinos y digestivos permitió establecer una relación consistente entre el exceso de CNE y la hiperinsulinemia sostenida, especialmente en caballos con desregulación de insulina. Este estado favorece la lipogénesis, reduce la sensibilidad periférica a la insulina y promueve la acumulación de grasa regional, configurando un entorno propicio para el desarrollo del síndrome metabólico equino. A nivel digestivo, las dietas con alto contenido de CNE alteran la microbiota cecal mediante procesos de fermentación rápida que disminuyen el pH intestinal y aumentan la producción de lactato, favoreciendo la disbiosis e inflamación sistémica. En contraste, la reducción del almidón en la dieta de los equinos mostró beneficios clínicos significativos, incluyendo mayor estabilidad microbiana y disminución en la severidad de úlceras gástricas, lo que reafirma la interrelación entre el eje intestino–metabolismo y la salud endocrina del caballo.

En cuanto al tercer objetivo específico, se ratificó el modelo fisiopatológico progresivo que vincula el consumo elevado de CNE con la resistencia a la insulina, el desarrollo del síndrome metabólico equino y la eventual aparición de laminitis endocrinopática. La evidencia experimental permitió establecer un umbral práctico de seguridad aproximado de 0.1 g de CNE/kg de peso vivo por comida, por encima del cual la respuesta insulínica en caballos con desregulación insulínica se incrementa de manera desproporcionada, aumentando el riesgo de complicaciones metabólicas y laminitis. Este hallazgo proporciona un criterio cuantificable de aplicación clínica que ayuda a fortalecer la toma de decisiones nutricionales basadas en evidencia.

En síntesis, los resultados de esta revisión consolidan el sustento científico para implementar estrategias dietéticas preventivas centradas en el control estricto de los carbohidratos no estructurales, la monitorización estacional del contenido de CNE en pasturas y la individualización del manejo alimentario según el estado metabólico del animal. Estas medidas no solo contribuyen a reducir la incidencia del síndrome metabólico y laminitis endocrinopática, sino que también favorecen el bienestar integral del caballo y optimizan la sostenibilidad de los sistemas de manejo equino.

5. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme salud, resiliencia y la perseverancia para culminar mi etapa de mi formación profesional.

A mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y su amor a lo largo de este camino que ha sido fundamental para alcanzar este logro.

A mis docentes, por su paciencia, orientación y conocimientos que fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A la universidad, por ofrecerme las herramientas y los conocimientos para formarme como profesional.

Finalmente, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de esta monografía.

Gracias.

6. DECLARACION DEL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los autores declaran que no han usado herramientas de inteligencia artificial (IA) en la creación de este artículo

7. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barnabé, M. A., Elliott, J., Harris, P. A., & Menzies-Gow, N. J. (2026). Effects of pasture consumption and obesity on insulin dysregulation and adiponectin concentrations in UK native-breed ponies. *Equine Veterinary Journal*, 58(1), 243-255. <https://doi.org/10.1111/evj.14507>

Bertin, F. R., & De Laat, M. A. (2017). The diagnosis of equine insulin dysregulation. *Equine Veterinary Journal*, 49(5), 570-576. DOI: [10.1111/evj.12703](https://doi.org/10.1111/evj.12703)

Boucher, L., Leduc, L., Leclère, M., & Costa, M. C. (2024). Current Understanding of Equine Gut Dysbiosis and Microbiota Manipulation Techniques: Comparison with Current Knowledge Manipulation Techniques: Comparison with Current Knowledge Manipulation Techniques: Comparison with Current Knowledge in Other Species. *Animals*, 14(5), 758. DOI: [10.3390/ani14050758](https://doi.org/10.3390/ani14050758)

Brokner, C., Austbo, D., Næsset, J. A., Blache, D., Knudsen, K. E., Hansen, H. H., & Tauson, A. H. (2016). Glycaemic and insulinemic response to dietary carbohydrates in horses. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 58, 44-48. DOI: [10.1186/s13028-016-0244-1](https://doi.org/10.1186/s13028-016-0244-1)

Carver, C., Bruemmer, J., Coleman, S., Landolt, G., & Hess, T. (2023). Effects of corn supplementation on serum and muscle microRNA profiles in horses. *Food Science & Nutrition*, 11(6), 2811-2822. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3259>

Delarocque, J., Reiche, D. B., Meier, A. D., Warnken, T., Feige, K., & Sillence, M. N. (2021). Metabolic profile distinguishes laminitis susceptible and after feeding a high sugar diet. *BMC Veterinary Research*, 17(56). doi: [10.1186/s12917-021-02763-7](https://doi.org/10.1186/s12917-021-02763-7)

Erners, C., Nerida McGilchris, Fenner, K., Wilson, B., & McGreevy, P. (20 de Abril de 2023). The Fibre Requirements of Horses and the Consequences and Causes of Failure to Meet Them. *Animals*, 13(8). doi: [10.3390/ani13081414](https://doi.org/10.3390/ani13081414)

Irving, J., Pineau, V., Shultz, S., Ter Woort, F., Julien, F., Lambey, S., & Van Erck-Westergren, E. (2025). Impact of low-starch dietary modifications on faecal microbiota composition and gastric disease scores in performance horses. *Animals*, 15(13), 1908. <https://doi.org/10.3390/ani15131908>

Kaufman, K., Harris, P., Ghajar, S., Ely, K., DeLano, K., & McIntosh, B. (2018). PSII-16 Physiological response of grazing horses to seasonal fluctuations in pasture nonstructural carbohydrates. *Journal of Animal Science*, 96(suppl_3), 72-73. <https://doi.org/10.1093/jas/sky404.160>

Kaufman, K. L., Suagee-Bedore, J. K., Johnson, S. E., Ely, K. M., Ghajar, S. J., & McIntosh, B. M. (2025). Horses with previous episodes of laminitis have altered insulin responses to seasonal oral sugar testing and grazing compared to horses with no known history of laminitis. *Journal of Equine Veterinary Science*, 145, 105254. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2024.105254>

Kerley, B. S., Harris, P., Jacquay, E., Askins, M., McClendon, M., & Adams, A. A. (2025). Identifying insulिनemic responses of ID horses offered varying levels of CNE and meal-sizes. *Journal of Equine Veterinary Science*, 151, 105638. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2025.105638>

Kerley, B. S., Harris, P., Lea, K., McClendon, M., & Adams, A. A. (2024). Effects of storage-handling methods on nutrient analysis of fresh-forage samples. *Journal of Equine Veterinary Science*, 142, 105182. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2024.105182>

Knowles, E. J., Elliott, J., Harris, P. A., Chang, Y., & Menzies-Gow, N. J. (2023). Predictors of laminitis development in a cohort of nonlaminitic ponies. *Equine Veterinary Journal*, 55(1), 12-23. <https://doi.org/10.1111/evj.13572>

Martin, A., Lepers, R., Vasseur, M., & Julliand, S. (2023). Effect of high-starch or high-fibre diets on the energy metabolism and physical performance of horses during an 8-week training period. *Frontiers in Physiology*, 14. DOI: [10.3389/fphys.2023.1213032](https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1213032)

Macon, E. L., Harris, P., Bailey, S., Caldwell Barker, A., & Adams, A. (2022). Identifying possible thresholds for nonstructural carbohydrates in the insulin dysregulated horse. *Equine Veterinary Journal*, 55(6), 1069-1077. <https://doi.org/10.1111/evj.13910>

Murray, J., Bloxham, C., Kulifay, J., Stevenson, A., & Roberts, J. (2015). Equine nutrition: A survey of perceptions and practices of horse owners undertaking a massive open online course in equine nutrition. *Journal of Equine Veterinary Science*. DOI: [10.1016/j.jevs.2015.02.005](https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.02.005)

Noble, G. K. (2023). Horse Husbandry–Nutrition, Management and Welfare. *Animals*, 13, 169. DOI: [10.3390/ani13010169](https://doi.org/10.3390/ani13010169)

Pineau, V., Ter Woort, F., Julien, F., Vernant, M., Lambey, S., Hébert, C., Hanne-Poujade, S., Westergren, V., & Van Erck-Westergren, E. (2024). Improvement of gastric disease and ridden horse pain ethogram scores with diet adaptation in sport horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 38(6), 3297-3308. <https://doi.org/10.1111/jvim.17223>

Ragnarsson, S., Víkingasdóttir, S. V., & Stefánsdóttir, G. J. (2024). Initial Impact of Different Feeding Methods on Feed Intake Time in Stabled Icelandic Horses. *Animals*, 14(8), 1211. doi:[10.3390/ani14081211](https://doi.org/10.3390/ani14081211)

Szmukier, M. S., Piórkowska, K., & Molik, K. R. (2023). Equine Metabolic Syndrome: A Complex Disease Influenced by Multifactorial Genetic Factors. *Genes*, 14, 1544. doi: [10.3390/genes14081544](https://doi.org/10.3390/genes14081544)