

**GUÍA DE DIAGNÓSTICO Y CONTROL PARA INTOXICACIÓN POR NITRATOS
Y NITRITOS EN GANADO BOVINO**



UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Autores

Allison Daniela Gómez Serrano

Wendy Tatiana Contreras Hernández

**Bogotá
2021**

**GUÍA DE DIAGNÓSTICO Y CONTROL PARA INTOXICACIÓN POR NITRATOS
Y NITRITOS EN GANADO BOVINO**



UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Trabajo de grado para optar al título de Médico Veterinario

Autores

Allison Daniela Gómez Serrano Código: 10511618410

Wendy Tatiana Contreras Hernández Código: 10511625432

Director:

Francisco J. Vargas, Médico Veterinario, MSc, PhD

Co-director Externo

Víctor Mauricio León Serpa M.V.Z Esp.

**Bogotá
2021**

Tabla de contenido

Tabla de contenido	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	5
JUSTIFICACIÓN	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
Pregunta Problema	12
OBJETIVOS	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	14
MARCO TEÓRICO	14
Etiología	14
Signos Clínicos.	15
Hallazgos de Necropsia	17
Diagnóstico	19
Prueba de difenilamina.	19
METODOLOGÍA	20
RESULTADOS	22
Plantas potencialmente tóxicas	22
Mecanismo de Acción de los Nitratos.	25
Mecanismo de Acción de los nitritos	25
Fisiopatología de la anoxia anóxica	25
Fisiopatología.	26

Hallazgos química Sanguínea.	26
Absorción de nitrato en pasto.	27
Morbilidad y mortalidad	28
Tratamiento	28
Control/Prevención	29
DISCUSIÓN	32
CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

Índice de Figuras

Figura 1. Hallazgos de necropsia	17
Figura 2. Ciclo del nitrógeno	26

Índice de tablas

Tabla 1. Plantas que pueden acumular cantidades peligrosas de nitratos y originar intoxicación.	22
Tabla 2. Concentración de nitratos en forraje	23

RESUMEN

Las intoxicaciones por nitratos en el ganado bovino genera pérdidas económicas importantes en la ganadería bovina, esto sucede cuando después de un periodo de sequía llegan las lluvias, allí es cuando se acumulan los nitratos en las plantas, luego el animal (bovino) consume las plantas con altos contenidos de nitratos, los cuales son transformados en el tracto gastrointestinal, llegan a vía sanguínea y allí se genera la intoxicación. En la presente monografía se describirán algunas plantas las cuales pueden acumular nitratos, una de las principales en Colombia es el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Los nitritos causan la transformación de hemoglobina a metahemoglobina, esto provoca una disminución en el transporte de oxígeno a los tejidos. Los signos clínicos que se presentan en la intoxicación por nitratos son dolor abdominal, sialorrea, disnea, cianosis, taquipnea, temblores musculares, micción frecuente, rigidez en extremidades y mandíbula, timpanismo, pulso rápido, crujir de los dientes, convulsiones, y finalmente después de las primeras 12 a 24 horas se produce la muerte. En la literatura solo se habla de un tratamiento basado en azul de metileno vía intravenosa para la intoxicación con nitratos y nitritos, el cual ha sido pertinente, sin embargo, es importante generar nuevos estudios para generar posibles tratamientos o variantes de este. Se debe trabajar en las explotaciones ganaderas ya que esto minimiza las pérdidas económicas, es primordial establecer y ejecutar protocolos de diagnóstico y control para informar a los ganaderos y al médico veterinario del cómo actuar ante una intoxicación en bovinos y así mismo como prevenirla.

Palabras clave: nitratos, nitritos, bovinos, metahemoglobina, oxígeno, plantas.

ABSTRACT

Nitrate poisoning in cattle generates important economic losses in cattle, this happens when after a period of drought the rains arrive, there is when nitrates accumulate in the plants, then the animal (cattle) consumes the plants with high content of nitrates, which are transformed in the gastrointestinal tract, reach the bloodstream and intoxication is generated there. In this monograph some plants will be described which can accumulate nitrates, one of the main ones in Colombia it is the kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Nitrites cause the transformation of hemoglobin to methemoglobin, this causes a decrease in the transport of oxygen to the tissues. The clinical signs that occur in nitrate poisoning are abdominal pain, drooling, dyspnea, cyanosis, tachypnea, muscle tremors, frequent urination, stiffness in limbs and jaw, bloating, rapid pulse, gnashing of teeth, seizures, and finally after death occurs within the first 12 to 24 hours. The literature only talks about a treatment based on intravenous methylene blue for intoxication with nitrates and nitrites, which has been relevant, however, it is important to generate new studies to generate possible treatments or variants of this. It is essential to establish and implement diagnostic and control protocols to inform farmers and the veterinarian of the how to act in the event of intoxication in bovines and also how to prevent it.

Keywords: nitrates, nitrites, cattle, methemoglobin, oxygen, plants.

INTRODUCCIÓN

En Colombia se han reportado en los últimos años casos de intoxicación por nitratos y nitritos en ganado bovino, donde en un periodo prolongado de sequía a posterior lluvia se habla aproximadamente de la muerte de 2000 animales a causa de una negligencia de no haber presentado prevenciones ante los ganaderos. (contexto ganadero, 2017)

Más de 90 especies de plantas (incluidos forrajes, ornamentales, arvenses, arbustos e incluso árboles) han reportado que pueden causar envenenamiento por nitritos en animales herbívoros, y en especial en bovinos. Algunos de los factores que determinan altas concentraciones de nitratos (los que a su vez se bio-transforman en nitritos en el tracto gastrointestinal del bovino) en las plantas incluyen: 1) sobre fertilización (con fertilizantes nitrogenados o materia orgánica de origen animal); 2) algunas características del suelo, como: temperatura, acidez, deficiencia de fósforo, azufre o molibdeno; 3) crecimiento rápido de las plantas cuando llueve después de períodos de sequía; y 4) tratamiento de potreros y sembradíos con herbicidas (Medeiros, et al. 2003).

La acumulación de nitratos¹ en países tropicales como Colombia, se presenta especialmente luego de los periodos de sequía e inicio del periodo de lluvias (voluminosas);

¹ La producción de nitritos en las plantas es menor que la de nitratos, pues ellas no suelen contener nitritos. Es importante resaltar que, en los henos con alta humedad, cuando aumentan de temperatura por la actividad microbiana, se produce la conversión de nitrato a nitrito, pero después de un periodo prolongado es reducido a amonio (NH_3) y parte de él se evapora (Fernández 2011).

las plantas que sobreviven a las sequías muestran elevados contenidos en nitratos en este cambio de “estación”; en razón a lo anterior, el inicio de las primeras lluvias conlleva a un rápido crecimiento de las plantas y por tanto aumento en las concentraciones de nitrato, es importante tener en cuenta que, es necesaria que la cosecha del forraje deba retrasarse o postergarse en el tiempo, con la intención de dar tiempo a que el metabolismo propio del pasto disminuya las concentraciones de nitrato, y así, evitar intoxicaciones por nitritos.(Fernández 2011).

Otro factor de importancia se relaciona con las temporadas donde es frecuente temperaturas bajas, estas favorecen también la acumulación de nitratos, especialmente en aquellas regiones ubicadas en el trópico alto; debido a que pueden causar la reducción del metabolismo vegetal, por disminución de la actividad enzimática, y para nuestros propósitos en especial aquellas enzimas responsables de su conversión de los diversos compuestos nitrogenados, por ejemplo, la biotransformación de los nitratos a proteínas en los forrajes (Fernández 2011).

Aquellas plantas que le sirven de forraje a los bovinos y que además poseen altos contenido de nitratos, pueden intoxicarse con nitritos, debido a que los nitratos se convierten en nitritos en el metabolismo de la flora bacteriana presente en el rumen; el cuadro clínico en general se caracteriza por debilidad extrema, diarrea oscura, ascitis y edemas seguidos de postración y muerte (Dutra, Lewin, Paiva 1993).

JUSTIFICACIÓN

El nitrato constituye la forma más importante del nitrógeno (en plantas), siendo absorbido con cierta facilidad y en mucha cantidad por pastos, verduras y frutas, concentrándose principalmente en las hojas y tallos, y en niveles más bajos en bulbos, semillas y raíces. Esta absorción de nitrato varía conforme a la especie de la planta, aireación y pH del suelo, temperatura ambiental y del suelo; intensidad luminosa (Coraspe-León, Muraoka, Franzini, Contreras, Ocheuze. 2009; Giuseppe, Hye-Ji, Kyriacouc, Youssef. 2018).

En el agua subterránea la concentración de los nitratos ha aumentado (en décadas recientes), principalmente a través de actividades antropogénicas (contaminantes) como: uso de fertilizantes en la agricultura, aguas residuales domésticas, tanques sépticos, residuos industriales y la deforestación. De forma natural, las legumbres y rizobios son la fuente biológica más común que fija nitratos en el suelo, pudiendo incluso llegar a presentarse altas concentraciones en suelo que se filtran a aguas subterráneas (Gonzales, et al. 2018; Gutiérrez, Biagioni, Alarcón, Rivas. 2018).

La fuente más común de intoxicación por nitratos y nitritos en medicina veterinaria, es a causa del consumo de plantas (verdes o secas) que han almacenado altas concentraciones de nitratos. Estos pueden estar en la forma de nitrato de potasio (NO_3K) y en menor proporción nitrato de sodio (NO_3Na). Algunos suelos ricos en nitrógeno y en las sales anteriormente mencionadas pueden causar que se almacenen concentraciones tan altas en las plantas que, las convierten en tóxicas para aquellos animales que las consumen. Todas

las especies de animales son susceptibles a la intoxicación por nitratos, pero los rumiantes, en especial los bovinos son los que se intoxican con mayor frecuencia (Torres, 1976).

En los bovinos la intoxicación se inicia por el consumo de plantas (plantas forrajeras y silvestres) que poseen concentraciones altas de nitrato (NO_3), los cuales son transformados a nitritos en el tracto gastrointestinal; los elevados niveles de nitrito en sangre (provenientes de la absorción gastrointestinal) provocan entre otros: hipotensión arterial, y transformación de la hemoglobina en metahemoglobina, lo que disminuye significativamente el transporte de oxígeno a los tejidos (Parada, 1987).

Dentro de las plantas forrajeras reportadas que pueden llegar a almacenar nitratos en concentraciones tóxicas se incluyen: *Echinochloa polystachya* (pasto alemán), *Pennisetum purpureum* (pasto elefante), *Pennisetum clandestinum*, (kikuyo), *Avena sativa* (Avena) y *Lolium spp.* (Ryegrass), (kikuyo) *Pennisetum clandestinum* etc. Estas concentraciones peligrosas se logran especialmente cuando están en su fase de rápido crecimiento, en particular cuando hay lluvias luego de un verano largo y pronunciado (Amaral, Afonso, Wouters. 2017), y la sobre fertilización nitrogenada que, pueden llegar a generar concentraciones de nitrato en pastos superiores 1.5-1.76%, que los convierten en potencialmente letales para el consumo animal² (Zuluaga, Restrepo, Parra. 2010; Souza do Nascimento, Lami, Dias de Mello, Costa. 2008; Muñoz, Pupiales, Navia. 2010; Ruiz, et al.

² Los forrajes que posean concentraciones de nitrato igual o menor a 0.5% pueden ser usados con tranquilidad para las raciones en bovinos, mientras que, forrajes con rangos entre 0.5-1% de nitrato son reconocidas como concentraciones máximas permitidas (consideradas seguras).

2014). Es menester recordar que la producción de alimentos para animales, y en especial los forrajes, está determinada por la calidad y la cantidad de los mismos, la sobre fertilización o la inadecuada técnica de aplicación de correctivos al suelo puede interferir en la producción de ganado; por tanto, una buena fertilización y un manejo adecuado de los suelos que sustentan la producción forrajera, permite aumentar la producción de este, obteniendo mejores resultados en su calidad/cantidad, y en consecuencia, aumentando los indicadores de producción pecuaria como por ejemplo: kilos y/o litros de leche por área y por animal (Souza do Nascimento, et al. 2008).

Con esta revisión pretendemos compilar la información más relevante relacionada con las formas de presentación de la intoxicación por nitratos y nitritos en ganado bovino, incluyendo: los signos clínicos que caracterizan esta intoxicación, así como la fisiopatología, lesiones macroscópicas, etc., esto con el fin de saber cómo prevenir y reducir la intoxicación en el ganado bovino y así mismo reducir las pérdidas económicas que esta conlleva. La presente monografía tiene importancia ya que no hay suficientes casos reportados, esto al parecer porque en la ganadería parece que no se le da la importancia necesaria al tema de la intoxicación, al no reportar los casos de intoxicación en bovinos por nitratos y nitritos no se realizan estudios o escritos dando información de cómo actuar frente a un caso clínico y al no saber se presentan más pérdidas económica y muertes de animales bovinos afectados.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ganadería bovina viene siendo la actividad con mayor presencia en el campo colombiano, hallándose en todas las regiones, pisos térmicos, al igual en todas las escalas de producción al mismo tiempo en diversas especialidades como: cría, levante, ceba, lechería especializada y doble propósito. (Fedegan, 2018)

Está a su vez genera ochocientos diez mil (810) empleos que representan:

- 6% empleo nacional y 19% empleo agropecuario

Siendo así el sector agropecuario viene aportando el 6% del Producto interno bruto (PIB) nacional. Estos a su vez se van diferenciando en: Ganadería, que contribuye con el 1,4% del PIB nacional, aporta el 21,8% del PIB agropecuario y el 48,7% del PIB pecuario (Fedegan 2018).

Cerca del año 2016 los hatos ganaderos sumaban cerca de 23,8 millones de animales, distribuidos por género, donde se menciona el total de 14,8 millones de hembras y 9 millones de machos. en cuanto a hato bovino colombiano se clasificaron por su tamaño:

- Número doce del mundo
- El quinto de América
- El cuarto de Latinoamérica

En cuanto a una base un poco más actualizada en el 2018 la clasificación de orientación de hatos (número de bovinos de acuerdo a la orientación de su producción) a nivel nacional se divide en: ceba con un porcentaje del 2%, cría del 41,4%, doble propósito del 37,37% y lechería especializada con el 0,1%. Siguiendo en este orden (Fedegan 2021) nos aclara un inventario bovino del 2016 al 2020 en los departamentos de: Córdoba, Cesar, Meta, Casanare, Santander y Antioquia, donde Antioquia se destaca desde el 2016 con un porcentaje de 2.600.000 bovinos, para el 2020 3.200.000 bovinos. los demás departamentos en el transcurso de los años también fueron avanzando y aumentando el porcentaje de inventario bovino.

Siendo la ganadería bovina la mayor actividad con presencia en el campo colombiano se clasifican predios colombianos actualizados con una base de datos desde el 2016 hasta el 2019 a nivel nacional de acuerdo a la escala de número de animales definidos por el ICA. presentándonos así en el 2016 un total de 494.402 de predios ganaderos, con mayor rango y aumentando en el 2019 con un total de 623.794 predios ganaderos, para mejores actividades en el campo colombiano. (Fedegan 2021)

En cuanto a las intoxicaciones en el ganado bovino, se presentan comúnmente cuando ocurre la variación de clima seco a posterior inicio de la época de lluvias (Jönck, Gava, Traverso, Lucioli, Fernando. 2013). Consecuentemente, ocurre en el pasto un desequilibrio nutricional, especialmente mineral. Dejando el pasto con desarreglos en el metabolismo nitrogenado, siendo tóxico para el consumo animal (Uribe, 1985).

Los bovinos son los animales domésticos más propensos a sufrir estas intoxicaciones, ocurre cuando consumen forrajes con altas concentraciones de nitratos; este nitrato es reducido a nitrito a través del metabolismo de las bacterias ruminales, como resultado el nitrito se acumula en rumen en un primer momento y, después se absorbe rápidamente en sangre, y de allí se distribuye a los diferentes tejidos del animal (Parada, 1987). Los nitritos una vez son absorbidos oxidan el ion de hierro de la hemoglobina, transformándolo en metahemoglobina; niveles superiores del 30-40% causan signos clínicos evidentes y cuando aumentan a 80-90% causa la muerte del animal (Medeiros, et al. 2003).

Pregunta Problema

- ¿Existe información actualizada en Colombia sobre las intoxicaciones por nitratos y nitritos en bovinos?
- ¿Existe una guía de diagnóstico y control en Colombia acerca de la intoxicación por nitratos y nitritos en bovinos?

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar una guía de diagnóstico y control para la intoxicación por nitratos y nitritos, con el propósito de actualizar el conocimiento de esta enfermedad y sus implicaciones en la salud y producción bovina.

Objetivos específicos

- Identificar a través de reportes científicos las plantas forrajeras y no forrajeras potencialmente tóxicas para el ganado bovino por su capacidad de acumular nitratos
- Documentar el mecanismo de acción y la fisiopatología de la intoxicación por nitratos y nitritos.
- Reseñar los diferentes tratamientos y estrategias de control y prevención de la intoxicación por nitratos y nitritos en ganado bovino reportados por la literatura científica.
- Elaborar un flujograma para diagnóstico, control y prevención de la intoxicación por nitratos y nitritos en ganado bovino.

MARCO TEÓRICO

Etiología

El nitrato (NO_3) y el nitrito (NO_2) son compuestos nitrogenados inorgánicos; el nitrato (NO_3) es más frecuente y se encuentra en las plantas incluidos los forrajes (como pastos, henos, ensilajes, etc.), y el agua, los cuales pueden ser suministrados a los animales; y aunque el (NO_2) es menos común, también se puede encontrar en henos con alta humedad y con exposición solar (González, et al. 2018).

A su vez la intoxicación por el consumo de plantas se presenta por varias razones; una de ellas es la forma en que se ofrece la planta al animal (forma entera). Siendo el tallo y las hojas el sitio donde se concentran principalmente los nitratos (Amaral, et al. 2017). Se ha reportado la intoxicación en varias especies de animales, siendo los rumiantes especialmente los bovinos más predisponentes a esta intoxicación. La reducción de nitratos a nitritos inicia en la boca por acción de la enzima nitrato reductasa de las bacterias, y continúa en el tracto gastro-intestinal. Esta biotransformación de nitrato en nitrito normalmente produce amoniaco, que puede ser usado por las bacterias ruminales para la posterior síntesis de proteína. Cuando los nitratos son ingeridos en grandes cantidades y/o en forma rápida se pierde ese equilibrio biológico y se van acumulando grandes cantidades

de nitritos en el rumen, debido a que se satura la capacidad de las bacterias de transformarlo en amonio, es entonces, cuando los nitritos se absorben en grandes cantidades produciendo toxicidad. (González, et al. 2018).

Signos Clínicos.

Los signos clínicos de la intoxicación por nitritos por lo general tardan 4-6 horas para manifestarse, por supuesto que esto depende de la tasa de saturación de la hemoglobina circulante. (Perusia, Rodríguez. 2017).

Los animales intoxicados por nitratos particularmente presentan dolor abdominal, salivación excesiva; la hipoxia causada por los nitritos causa disnea, cianosis, taquipnea, temblores musculares, micción frecuente, rigidez en extremidades y mandíbula, timpanismo, pulso rápido, crujir de dientes, finalmente los animales desarrollan convulsiones clónicas. La muerte ocurre entre las primeras 12 a 24 horas (Amaral, et al. 2017). En exceso el nitrato es irritante renal y cuando es arrastrado por líquido ruminal provoca irritación de la mucosa causando una gastroenteritis que puede derivar en diarrea, al mismo tiempo facilita la colonización de microorganismos patógenos que pueden causar infecciones graves (Martínez, Sánchez. 2007).

Otros autores reportan intoxicación por nitritos en terneros muertos, donde desarrollaron hidropericardio, edema pulmonar, ascitis, y hemorragias en el sistema gastrointestinal (Elika, 2009). Cuando la concentración de nitratos o el consumo no es suficientemente alto para inducir la muerte, los autores reportan que ocasionalmente se

observan cuadros crónicos caracterizados por menor producción de leche y menor ganancia de peso, abortos e infertilidad (Salado, Mattera. 2011).

Se ha reportado que el consumo prolongado de bajas dosis de nitritos (intoxicación sub-crónica) provoca abortos por formación de metahemoglobinemia fetal, pues la hemoglobina fetal tiene mayor afinidad hacia los nitritos que la hemoglobina de los adultos (Perusia, Rodríguez. 2017).

Hallazgos de Necropsia

En los hallazgos de necropsia encontramos la mucosa del vestíbulo vaginal y de la conjuntiva parduzca. La sangre se manifiesta de un color oscuro “chocolate”, el musculo esquelético y cardiaco de color cereza, los pulmones de color parduzco (Amaral et al. 2017).

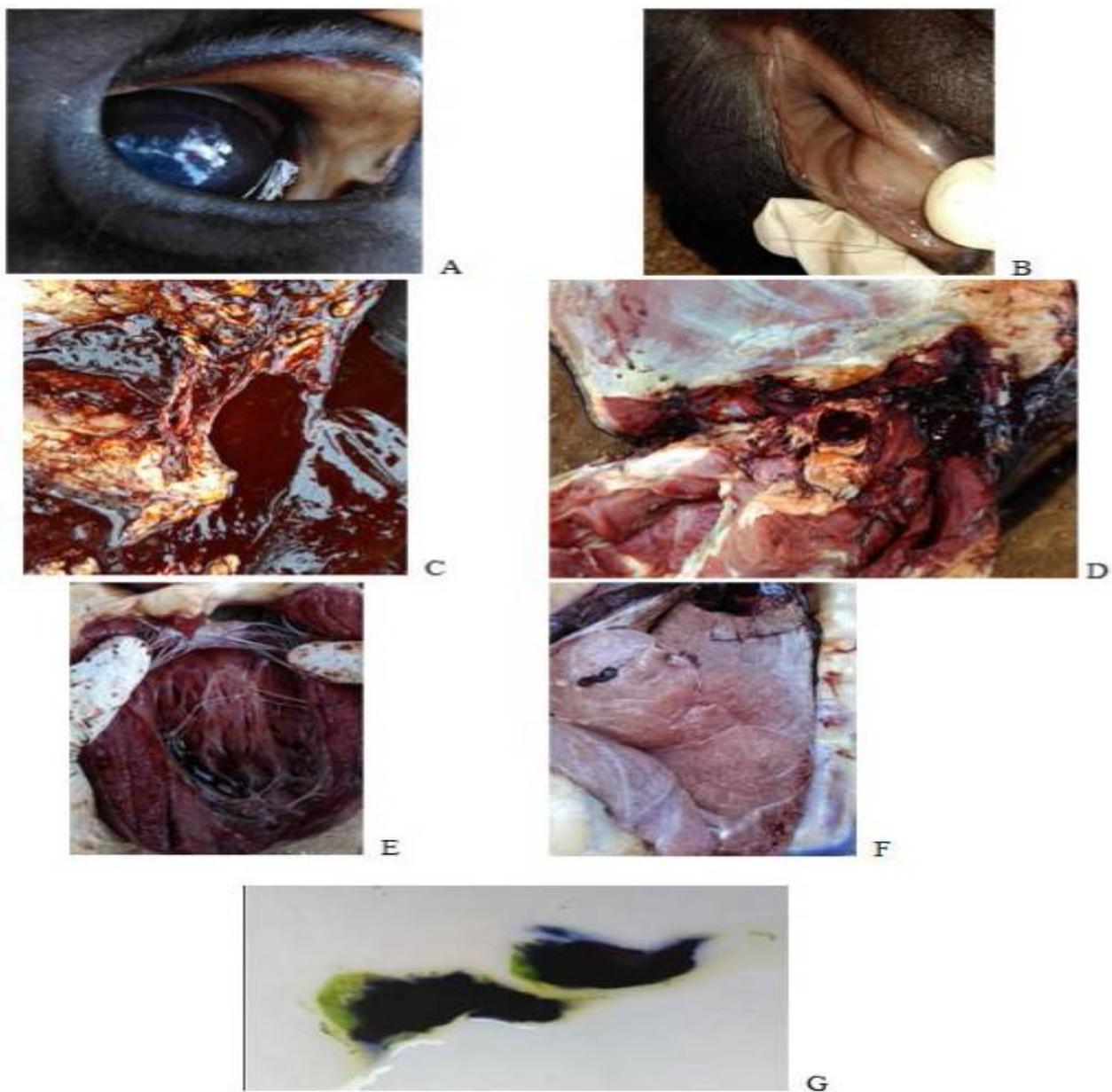


Figura 1. Hallazgos al examen físico, necropsia (sangre color chocolate) e histológicos de terneras. Tomado de:

(Amaral Gontijo, Afonso Borges, Wounters. 2017)

Diagnóstico

- Prueba de difenilamina.

Básicamente se toma 0.5 – 1 ml de solución de difenilamina al 1% en una caja de Petri se introduce el pasto. Al ponerse en contacto el pasto con la solución de difenilamina este comienza a tomar una tonalidad de color azul, indicado un resultado positivo para nitratos en pasto, (Perusia, Rodríguez. 2017).

Se toma 0.5-1 ml de solución de difenilamina al 1% en ácido sulfúrico concentrado, que se coloca en una placa de Petri, en otro extremo se depositan unas gotas del material problema ya sea agua, orina, líquido ruminal, líquido cefalorraquídeo, humor acuoso, suero o sangre de animales afectados, se hacen poner en contacto ambos líquidos sin que se mezcle y la aparición de un color azul en la zona de contacto indica positividad. También este método es aplicable con coágulos sanguíneos retirados de cadáveres con hasta 24 horas de muertos los cuales poniéndolos en contacto de difenilamina marca un halo azul frente a la positividad, aquí puede tardar hasta 10 minutos en presentarse la reacción. Otra variante del método consiste en dejar caer una gota de solución de difenilamina sobre un frotis sanguíneo grueso, fresco y la aparición de un halo azul es positivo (Perusia, Rodríguez. 2017).

METODOLOGÍA

El presente trabajo es una investigación teórico descriptiva de carácter documental donde el procedimiento implica identificación, sistematización y análisis de documentos electrónicos actualizados sobre la intoxicación por nitritos en ganado bovino. No es de gran abundancia literatura específica de muerte súbita en el ganado bovino, donde particularmente se define como la condición patológica de los animales en la cual aparece muerto o muere en el transcurso de la enfermedad o la intoxicación, estas condiciones ocurren frecuentemente en ganaderías extensivas en sabanas tropicales (Benavides, 2004).

Base de datos: Se indago mediante palabras claves (Intoxicacion por nitratos en bovinos, pasto kikuyo y nitratos, nitratos y nitritos en ganadería bovina) en las siguientes bases de datos: Google Academic, Elsevier, Science Direct, Scielo

Criterios de inclusión: Se tuvieron como criterios de inclusión artículos, revistas, noticias que hablaran sobre intoxicación de nitratos y/o nitritos en ganado bovino, ya sea que se reportan casos o se explicara fisiopatología, signos, lesiones, diagnóstico y entre otros temas relevantes para la intoxicación, no se tomó importancia del año del estudio o artículo ya que en la actualidad no hay actualizaciones sobre la intoxicación en nitratos o nitritos.

Criterios de exclusión: Artículos, estudios o noticias sobre intoxicación en nitratos y nitritos en otras especies que no fueran bovinos.

Documentos de investigación: Para esta monografía se recolectó información de años anteriores, como requisito se sugirió información que fuera al menos de diez años en adelante, pero hay muy poca literatura recientemente de intoxicación por nitratos en ganado bovino en Colombia, aunque se encontraron algunos estudios recientes también se recolectó información de artículos relevantes (sin importar la fecha de publicación) para la investigación nacional e internacional en diferentes idiomas

Palabras claves: Se tuvieron en cuenta distintas palabras para la búsqueda de artículos donde principalmente se hizo la búsqueda en idioma inglés y español. Las siguientes son las palabras que se tuvieron en cuenta: nitratos, nitrates, intoxicación, poisoning, ganado, won, nitritos, nitrites, bovino, bovinos, plantas tóxicas, forraje. Todas estas palabras ayudaron a una búsqueda más detallada del tema

Con la pregunta “¿Que tanto afectan las intoxicaciones por nitratos y nitritos al ganado bovino? y a partir de esto ¿existe literatura científica reciente (últimos 10 años) en Colombia de intoxicación por nitratos y nitritos en ganado bovino?” Se inició con una revisión sistemática y detallada por medio de las palabras claves y por medio de las bases de datos dichas anteriormente, encontrando 200 artículos y distintas citas relacionadas a la búsqueda. De los resultados de la investigación se seleccionaron 100 artículos que brindaron información relevante sin darle importancia al año de publicación de los cuales se descartaron 50 ya que no proporcionaban la información adecuada que necesitábamos o que queríamos resaltar en el tema a tratar, allí se volvieron a seleccionar algunos que no habían sido obtenidos de base de datos certificadas y confiables ya que eran publicaciones

de páginas web sin sustento científico, quedando al final 32 artículos seleccionados y extrayendo la información donde se incluyen en el documento de manera sintetizada y organizada, las cuales realizados en Colombia solo se cuentan con 7 artículos y 25 realizados en el extranjero.

RESULTADOS

Plantas potencialmente tóxicas

Las plantas que pueden contener nitratos son “tóxicos ocasionales” y su número es muy extenso, (ver tabla 1) que por algunas condiciones se pueden volver tóxicas para el animal a la hora de consumirse, entre ellas podemos resaltar: avena (*Avena sativa*) cebada (*Hordeum vulgare*), trigo (*Triticum*), sorgos (*Sorghum*), sudan (*Sorghum sudanense*) y maíz (*Zea mays*), especialmente los denominados “híbridos de rápido crecimiento”; y algunas plantas no cultivables como forraje tenemos Roseta (*Tribulus terrestris*), Cardo asnal (*Silybum marianum*), Mirasolito del campo (*Verbesina encelioides*), Yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*), Yuyo blanco o Quinoa (*Chenopodium album*), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). (Perusia, Rodríguez. 2017).

En Colombia se habla básicamente de potenciales intoxicaciones en el ganado bovino por pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Este pasto proveniente de África, los ganadores lo prefieren por su alta producción por metro cuadrado, sus tasas de fotosíntesis altas a más de 2000 metros de altura adaptándose a cualquier cambio de clima, al igual que posee un rápido crecimiento, rico en proteína y económicamente factible. (Contexto ganadero, 2013) A raíz de esto la mayor parte de ganaderos utilizan esta pastura para su

ganado, lastimosamente la sobrefertilización incrementa las concentraciones de nitrato en el kikuyo, también por su alto contenido rico en proteínas estos tienden acumular más nitratos. los excesos de nitrógeno en la dieta de rumiantes han sido asociados con una mayor concentración de amonio ruminal, incremento en las concentraciones de nitrógeno ureico en sangre, en la síntesis de urea y síntesis de proteína, lo cual se relaciona con un aumento en el gasto energético y saturación de la capacidad de las bacterias ruminales de para la síntesis de proteína acumulándose y produciendo estas intoxicaciones (Vargas, Sierra, Mancipe, et.al, 2018).

Como se ha mencionado anteriormente la intoxicación se presenta luego de períodos de sequía seguidos por inicios de la estación lluviosa, aumentando la concentración de nitratos en las plantas (Medeiros, et al. 2003); debemos resaltar, que existe la posibilidad de intoxicación debido al consumo de las aguas de pozos profundos que pueden contener concentraciones peligrosas de nitratos, y también las aguas de los desechos industriales, provenientes de criaderos de cerdos y aves e industria lácteas (Perusia, Rodríguez. 2017).

Tabla 1. Plantas que pueden acumular cantidades peligrosas de nitratos y originar intoxicación.

Planta Nombre Común	Nombre Científico
Avena	<i>Avena sativa</i>
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>
Abrojo	<i>Tribulus terrestres</i>
Centeno	<i>Secale cereale</i>
Maíz	<i>Zea mays</i>
Nabo	<i>Brassica napus</i>
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>
Girasol	<i>Helianthus annuus</i>
Sorgo	<i>Sorghum vulgare</i>
Meliloto	<i>Melilotus officinalis</i>
Cenizo blanco	<i>Chenopodium álbum</i>
Solanáceas	<i>Solanum spp</i>
Bledo	<i>Amaranthus spp</i>

(Tarazona,1985)

Nombre científico	Nombre común
Ambrosía	<i>Ambrosia spp.</i>
Pigweed	<i>Amaranthus spp</i>
Hierba de avena silvestre	<i>Avena fatua</i>

Cuarto de cordero	<i>Chenopodium spp</i>
Cardo de Canadá	<i>Cirsium arvense</i>
Enredadera de campo	<i>Convolvulus arvense</i>
Jimsonweed	<i>Datura stramonium</i>
Hierba de corral	<i>Echinochloa spp</i>
Girasol	<i>Helianthus annuus</i>
Hierba de Kochia	<i>Kochia scoparia</i>
Hierba de queso	<i>Malva spp.</i>
Trébol dulce	<i>Melilotus spp</i>
Hierba inteligente	<i>Polygonum spp</i>
Acedera, muelle de hojas rizadas	<i>Rumex spp</i>
Cardo ruso	<i>Salsola kali</i>
Sombras Nocturnas	<i>Solanum spp</i>
Varas de oro	<i>Solidago spp.</i>
Hierba Johnson	<i>Sorgo halapense</i>

Haba de soja	<i>Glycine max</i>
Linaza	<i>Linum spp.</i>
mijo perla	<i>Pennisetum glauca</i>
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>

Knight A, Walter R.G (2002)

Para evitar la intoxicación por nitratos en el ganado bovino se recomienda hacer una medición de la concentración de nitratos en las plantas en el cambio de estaciones (ya sea

con la prueba de difenilamina.), donde se podría evaluar las concentraciones de nitrato en forraje con la siguiente tabla (ver tabla 1). (Fernández M. 2011); (Muñoz H, Pupiales A, Navia E. 2010).

Tabla 2. Concentración de nitratos en forraje

Concentración de nitratos en forraje	
No representa ningún riesgo para el consumo animal	0.44% - 0.66%
Se pueden delimitar signos clínicos de intoxicación por nitratos	0.66% - 1.76%
Se considera totalmente tóxico y mortal para los animales	Mayor al 1.76%

Autores como (Knight A, Walter R.G. 2002) Reportan que el nitrato producido en las plantas suele ser de menor toxicidad que el nitrato químico y puro presente en los fertilizantes, informan que la cantidad de nitrato que pueden consumir los animales de forma segura en forrajes es de (45 g de nitrato / 100 libras de peso corporal) que es tres veces mayor que la cantidad de nitrato de potasio (KNO₃), donde la dosis total administrada en forma de baño es de 0.5 g de KNO₃ kg de peso corporal.

Mecanismo de Acción de los Nitratos.

Los nitratos ejercen acción irritante sobre la mucosa digestiva, conllevando al animal a gastroenteritis por acción de los microorganismos del rumen. Estos compuestos se van reduciendo a nitritos, y luego son convertidos en amoníaco (Torres, 1976).

Mecanismo de Acción de los nitritos

Los nitritos pasan directamente del aparato gastrointestinal al sistema circulatorio oxidando el hierro ferroso (Fe^{+2}) de la hemoglobina convirtiéndolo en su forma férrica (Fe^{+3}); denominada metahemoglobina, la cual es incapaz de transportar el oxígeno a diferentes órganos y tejidos, causando hipoxia tisular (Torres, 1976).

Fisiopatología de la anoxia anóxica

Los nitritos tienen afinidad por el hierro ferroso (Fe^{++}) de la hemoglobina (Hb), esta afinidad hace que los nitritos oxiden el hierro de la (Hb) hacia el estado férrico (Fe^{+++}), con ello biotransformandola a metahemoglobina (MetHb), la cual, no tiene capacidad de transportar oxígeno y posee adicionalmente efecto vasodilatador periférico, provocando todo ello anoxia sistémica en el animal, la cual se acompaña con caída de la presión sanguínea y choque circulatorio. (Martínez, Sánchez, 2007); (Pinzón, Contreras, Restrepo, 2002).

Fisiopatología.

La molécula de hemoglobina (Hb) es un tetrámero compuesto por cadenas alfa, beta, gamma o delta. Cada molécula de Hb está formada por un átomo de hierro ferroso (Fe^{+2}). Y cada hierro ferroso es enlazado con una molécula de O_2 , los nitritos oxidan el hierro ferroso (Fe^{+2}), convirtiendo la hemoglobina en metahemoglobina. Así, el hierro ferroso (Fe^{+2}) se oxida a hierro férrico (Fe^{+3}) por ende, este no se puede unir al oxígeno. El

hierro férrico también causa un cambio alostérico en la porción hemo de la Hb parcialmente oxidada, aumentando su afinidad con el dióxido de carbono (CO_2), y la incapacidad de unirse al oxígeno (O_2). La metahemoglobina (MetHb) desplaza la curva de disociación de la Hb parcialmente oxidada hacia la izquierda, lo que dificulta la liberación de O_2 en los tejidos. La anoxia tisular causada por MetHb es secundaria a una reducción de la Hb libre para transportar O_2 (Souza do Nascimento, et al. 2008).

Hallazgos química Sanguínea.

Estudios realizados en otros animales muestran típicamente niveles séricos de aspartato aminotransferasa (AST), alanina aminotransferasa (ALT), fosfatasa alcalina (ALP) aumentados, lo que puede atribuirse al efecto tóxico de compuestos nitrosos formados en el ambiente ácido del estómago (Ghazunfar, et al. 2019).

Absorción de nitrato en pasto.

La acumulación de nitratos se favorece principalmente por los factores estacionales de precipitación y humedad del suelo, además de la aireación y la temperatura, acompañada por la actividad de bacterias nitrificantes (Apráez, Moncayo. 2006). En cuanto a la aireación del suelo, las bacterias nitrificantes son microorganismos aerobios típicos, necesitan de oxígeno para la formación de nitratos por lo tanto en suelos bien drenados favorecen la formación de estos. La temperatura ideal para la formación de nitratos se sitúa

entre 27 y 30°C y disminuye su intensidad a medida que los suelos se van enfriando y bajan a una temperatura de 0°C. La formación de nitratos teniendo en cuenta la humedad se genera aproximadamente alrededor del 60% del espacio poroso con agua (Benimeli, et al. 2019).

Figura 2. Ciclo del Nitrógeno

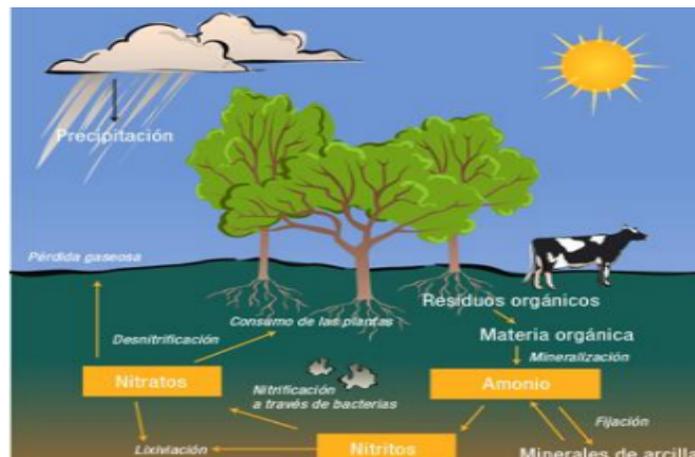


Figura 2 Ciclo del nitrato. Tomado de: (Valdés, 2015)

Morbilidad y mortalidad

Generalmente la muerte de los animales se produce por una ingesta alta de concentración de nitratos, donde una vez en el organismo se transforman en nitritos. Un animal está en la capacidad de tolerar hasta cuatro mil (4000) partes por millón de nitritos, por encima de estos parámetros puede ser letal hasta causar la muerte inmediata al animal y

sin más medida dejando una alta mortalidad en el ganado si se consumen más de estas partes por millón (ICA, 2010).

Tratamiento

Algunos autores reportan azul de metileno a una solución del 1 al 4% (Martínez, Sánchez. 2001; Jonck, et al. 2013) a una dosis entre 1-2ml/ 10kg de peso vivo o de (5-20mg/kg) de peso por inyección intravenosa lenta (Martínez, Sánchez. 2001; Perusia, Rodríguez. 2017) su mecanismo de acción es reducir la metahemoglobina a hemoglobina, este es el tratamiento específico para la intoxicación con nitratos y nitritos (Jonck, et al. 2013). Evitando también una caída de la presión sanguínea se sugiere utilizar efedrina o epinefrina 1mg/ml como medicamentos simpaticomiméticos, al igual ofrecer al animal una dieta balanceada con suplementos minerales para prevenir desórdenes metabólicos (Peña, Posadas. 2018).

La administración de aceite mineral (1 galón para una vaca de 500 kg) por vía oral a través de una sonda gástrica contrarrestará el efecto cáustico de los nitratos en el sistema gastrointestinal, esto para acelerar el paso de los nitratos. También está indicado e informado que varios galones de agua fría con antibióticos orales de amplio espectro disminuirán aún más la reducción de nitrato a nitrito por los microorganismos del rumen. De manera similar, el vinagre administrado vía oral a través de una sonda estomacal ayudará a prevenir la reducción de nitratos en el rumen. (Knight A, Walter R.G 2002)

Igualmente el uso de oxitetraciclina intramuscular ayudará a que la flora ruminal sintetice de manera más efectiva los nitratos y así estos sean eliminados oportunamente (ICA, 2010).

Algunos autores reportan el uso de ácido ascórbico (Vitamina C) y sus sales como reductores poderosos de de metahemoglobina a hemoglobina a una dosis 5 - 20 mg/kg vía intravenosa. (Garcia Martinez, Herrera Ariza, 1991; Torres, 1976).

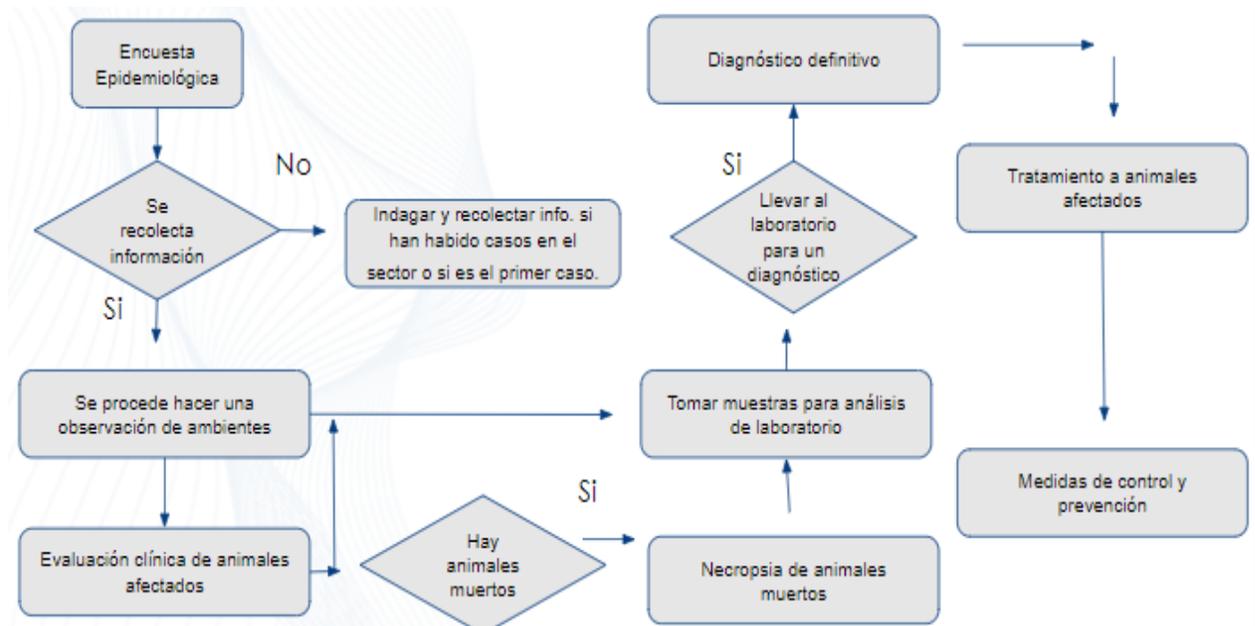
Control/Prevención

Aplicando algunas medidas de prevención y control para bajar la mortalidad y letalidad del ganado, se toman en cuenta como medidas preventivas:

- Tomar la precaución de analizar el agua periódicamente tras periodos de lluvias o riegos intensos, más si va acompañado de fertilizantes nitrogenados.
- Analizar forrajes sospechosos de haber acumulado nitratos por largos periodos de sequía o después de una helada para así saber si son correctos para su aprovechamiento.
- Poder combinar granos con forraje, como el maíz, estos alimentos de alta energía son recomendados. Esto ayudará o evitara a disminuir los nitratos en el forraje peligrosos para los animales.
- No suministrar forraje verde que se haya calentado tras la siega, esto podría facilitar la conversión de nitrato a nitrito siendo aún más tóxico.

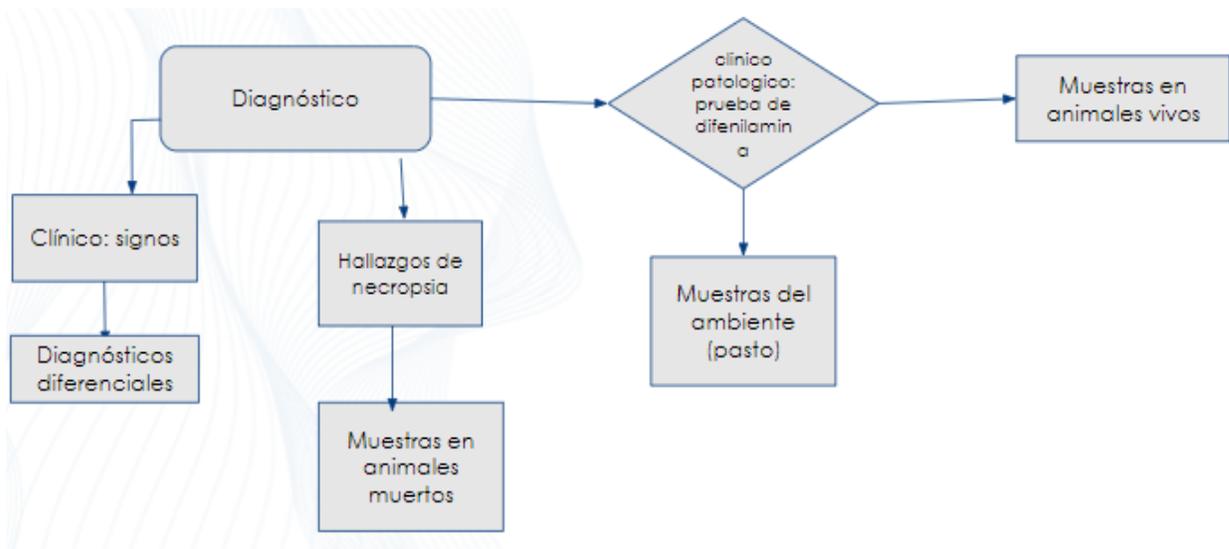
- El sobrepastoreo con elevado contenido de nitrato favorece el consumo por el ganado de las partes vegetativas que más acumula nitratos como el tallo. (Fernández M. 2011)
- La introducción de los ionóforos como la monensina (antibióticos) a niveles recomendados en raciones ricas en nitratos pueden precipitar la intoxicación ya que la flora microbiana ruminal toma un cambio brusco, dando como resultado una mejora en la eficiencia de conversión. favoreciendo a las bacterias productoras de nitrito. (Martinez, Sanchez, 2007).

Propuesta de guía

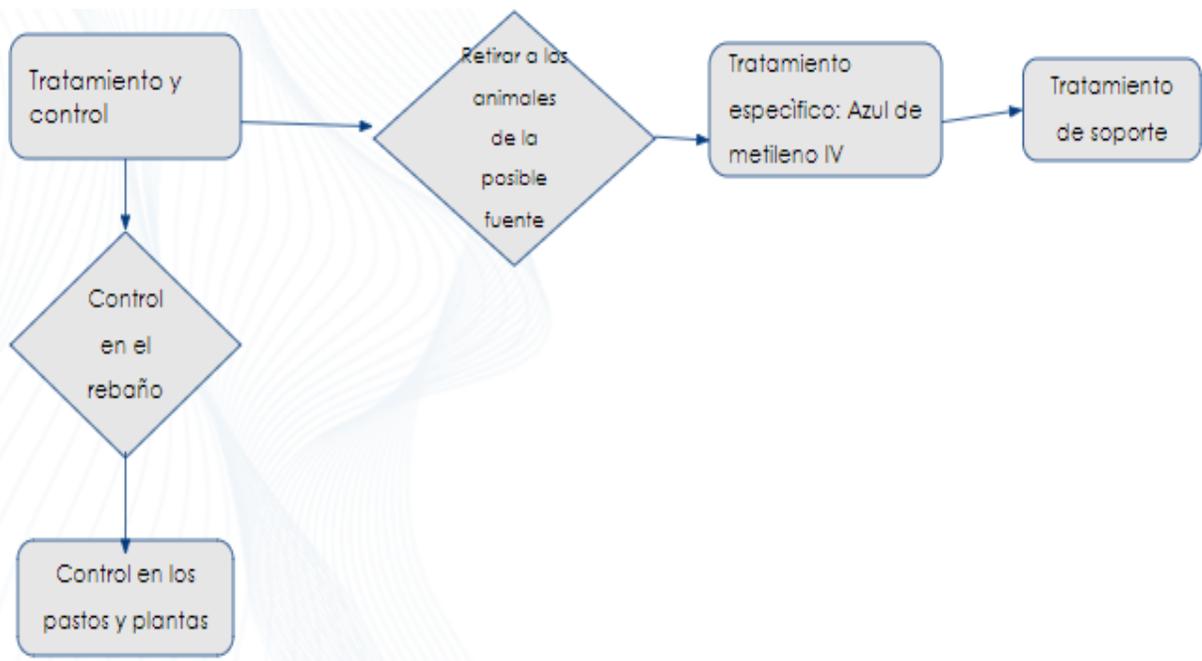


En esta propuesta de guía lo que se intenta hacer es primero realizar una encuesta epidemiológica donde se preguntará si los animales han presentado signos que nos pueden indicar si están intoxicados o no, se preguntará cómo fertilizan el pasto, con que tipo, qué tipo de pasto tienen, si han notado que las intoxicaciones se presentan más en verano o en invierno, así mismo si no se recolecta una información necesaria se indagará más a fondo sobre si se han presentado más casos; si la información recolectada en la encuesta epidemiológica es suficiente se observa el ambiente, se toman muestras y se hace una evaluación clínica de los animales afectados, si hay animales muertos se realiza la necropsia y se toman muestras para laboratorio y así sacar un diagnóstico definitivo, luego

se realiza el tratamiento oportuno para los animales afectados y finalmente se realizan las medidas de control y prevención



En esta guía se realiza un diagnóstico, mirando primeramente los signos clínicos y realizando una lista de diagnósticos diferenciales, se hará la prueba de difenilamina con muestras del pasto, animales muertos (coágulos de sangre) y con animales vivos (frotis sanguíneo, LCR, humor acuoso)



Finalmente en cuanto al control y tratamiento primeramente se deben retirar los animales de la posible fuente de intoxicación, se hará el tratamiento con azul de metileno y tratamiento de soporte, seguidamente se realizará el control en el rebaño, pastos y plantas (como analizar el forraje, hacer mediciones periódicas (al menos en cada cambio climático) del pasto con la prueba de difenilamina, de igualmente el suministro de monensina como mecanismo preventivo.

Se encontraron 32 referencias bibliográficas acerca de la intoxicación por nitratos y nitritos en bovinos de los cuales 7 son de Colombia, (incluyendo la ganadería Colombiana de Fedegan y el censo pecuario nacional del ICA) esta literatura científica es sin importancia de año ya que en Colombia no se ha reportado nuevos estudios y/o casos reportados sobre intoxicación de nitratos en ganado bovino.

Base de datos	Título	Autores	Fecha
redalyc	Causas de muerte súbita en bovinos en pastoreo en las sabanas de américa tropical	Benavides Ortiz Efrain.	2004
Fedegan	Ganadería colombiana hoja de ruta 2018 – 2022	Fedegan	2018
Mapa.gob	consecuencias de la ingestión de nitratos en el ganado vacuno	Fernández M	2011
ICA	Censo pecuario nacional.	ICA	2020
Ica.gov	Intoxicación por nitratos y nitritos causa muerte de bovinos en Boyacá	Instituto colombiano agropecuario.	2010
repository.agrosavia	Intoxicación por nitratos y nitritos en rumiantes: relación con la caída del ganado	Torres Gámez Jorge Enrique.	1976
repository.agrosavia	Anotaciones sobre los nitratos, los nitritos y otras substancias nitrogenadas en el pasto kikuyo	Uribe Peralta A.	1985

DISCUSIÓN

Terminando con la investigación se encontró que no hay literatura actualizada en Colombia sobre la intoxicación por nitratos y nitritos en el ganado bovino, lo cual preocupa porque solo hay un tratamiento posible para esto, de igual manera indica que no se le está dando la importancia necesaria para así prevenir pérdidas económicas y muertes por esta intoxicación en bovinos. El licenciado en veterinaria José Vicente Tarazona indica que para la prevención además de un manejo adecuado cuando se utilizan o almacenan abonos nitrogenados o se hace pastar a los animales en campos abonados es fundamental realizar periódicamente análisis del contenido de nitratos en los henos pastos y agua.

Los autores consultados, destacan que es el ganado bovino la especie doméstica que más se afecta con el consumo de forrajes que poseen altas concentraciones de nitratos, y especialmente ocurre esta situación cuando finaliza las temporadas de sequía e inician la de lluvias (Medeiros, et al. 2003); en relación a lo anterior, y sabiendo que en Colombia se encuentran aproximadamente 28.245.262 de bovinos (ICA,2020) que representan el 3.7% del PIB, es fácil concatenar el riesgo económico potencial a los cuales se ven enfrentados los ganaderos de nuestro país cuando se manifiesta esta patología en sus animales.

En Colombia no existen estudios científicos que calcule la magnitud de las pérdidas económicas que genera las enfermedades causadas por plantas tóxicas, y en relación con nuestro caso para la intoxicación por nitritos.

Resaltando la signología producida por la intoxicación de nitratos esta produce dolor abdominal, sialorrea, disnea, cianosis, taquipnea, temblores musculares, micción frecuente, rigidez en extremidades y mandíbula, timpanismo, pulso rápido, convulsiones

clónicas. Finalmente, la muerte del animal se da en el transcurso de un día, esto como base para tener en cuenta al momento de un diagnóstico correcto (Amaral, et al. 2017). Ya que otras enfermedades las cuales causan una signología similar y con lo cual se podría dar un diagnóstico errado pueden ser: listeriosis (causan signología similar como: rigidez de mandíbula, disnea, sialorrea), cetosis nerviosa (sialorrea, temblores musculares, convulsiones), fiebre carbonosa (cianosis, disnea, convulsiones) (Arreola S. 2013).

Haciendo la pequeña comparación de los diferentes tratamientos que nos indican los autores citados anteriormente, nos reportan y coinciden el uso de azul de metileno al 1% a una dosis de 1-2 ml/10 kg de peso vivo, donde todos los autores citados llegan a la conclusión de que el azul de metileno es la mejor opción para la intoxicación por nitratos, ya que este reduce rápidamente la metahemoglobina a hemoglobina. Autores como (Peña, Posadas. 2018; Knight A, Walter R.G. 2022) reportan el uso de epinefrina 1mg/ml para evitar una caída drástica de la presión sanguínea. ³

CONCLUSIONES

Como se pudo observar son bastantes las plantas forrajeras las cuales acumulan nitratos y causan intoxicación cuando el animal las consume, estos mecanismos han sido

ampliamente descritos en la literatura, por lo que es un recurso muy valioso para desarrollar procesos preventivos y curativos.

El principal mecanismo de acción de la intoxicación por nitratos y nitritos es la transformación de la hemoglobina a metahemoglobina, lo que genera un déficit en la distribución de oxígeno a los tejidos del cuerpo y esto genera los principales signos de la intoxicación

Se detalló que en la literatura solo se habla de un tratamiento para la intoxicación con nitratos y nitritos, el cual ha sido pertinente, sin embargo, es importante generar nuevos estudios para generar posibles tratamientos o variantes de este, y así proporcionarle al médico veterinario una gama más amplia de opciones al enfrentarse a la intoxicación. En la literatura tampoco se encontró reporte de casos clínicos en los últimos 10 años, lo cual es preocupante porque puede indicar que no se le está dando la importancia necesaria a la intoxicación por nitratos y nitritos, al no haber los suficientes reportes es posible que los ganaderos y dueños de las fincas no sepan cómo prevenir las intoxicaciones y tampoco el cómo tratarlas.

El diagnóstico, control y la prevención son actualmente los dos pilares sobre los que se debe trabajar en las explotaciones ganaderas ya que esto minimiza las pérdidas económicas, es primordial establecer y ejecutar protocolos de diagnóstico y control para informar a los ganaderos y al médico veterinario del cómo actuar ante una intoxicación en bovinos y así mismo como prevenirla.

RECOMENDACIONES

Se deben realizar mediciones de la concentración de nitratos con la prueba de difenilamina en los forrajes, en cada estación del año para así evitar la intoxicación en el ganado bovino, esto ya que las intoxicaciones se dan mayormente cuando luego de un periodo de sequía inician las lluvias, ya que las plantas tienen más contenidos de nitratos, y el bovino al consumir estas plantas se pierde el equilibrio biológico y se acumulan los nitritos en el rumen, se absorben y producen toxicidad.

Es importante realizar los protocolos de control y prevención para así evitar la intoxicación con nitratos en el ganado bovino y así mismo reducir las pérdidas económicas que esto genera, de igual manera es importante tener claro el tratamiento ya que es el único para esta intoxicación, el cual se debe efectuar lo antes posible ya que como vimos en estudios la muerte se produce en las primeras 12 a 24 horas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amaral Gontijo Daniel, Afonso Borges Andressa, Wouters Flademir. (2017). Nitrate/nitrite poisoning in dairy cattle from the Midwestern Minas Gerais, Brazil. *Ciência Rural*, v.47, n.12. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782017001200551
2. Arreola Silva Enrique (2013). Módulo de clínica de bovinos, enfermedades bacterianas endémicas. Recuperado de: http://www.cusur.udg.mx/es/sites/default/files/adjuntos/5.1._2013._modulo_de_clinica_de_bovinos_enfermedades_0.pdf
3. Benavides Ortiz Efrain. (2004). causas de muerte súbita en bovinos en pastoreo en las sabanas de américa tropical. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, vol. 17, núm. 2, Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295026087009.pdf>
4. Benimeli Florencia María, Plasencia Adriana, Corbella Roberto D, Guevara Dorkas Andina, Sanzano Agustin Sosa, Francisco A, Fernández de Ullivari Juan. (2019). el nitrógeno del suelo. *Cátedra de Edafología*. Recuperado de: <https://www.edafologia.org/app/download/7953478176/El+nitrogeno+del+suelo+2019.pdf?t=1563476239>
5. Coraspe-León Héctor M, Muraoka Takashi, Franzini Vinicius Ide, Contreras Espinal Freddy S, Ocheuze Trivelin Paulo C. (2009). Absorción de formas de nitrógeno amoniacal y nítrica por plantas de papa en la producción de tubérculo-semilla. *Agronomía Trop.* 59(1): 45-58. Recuperado de: http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5901/pdf/coraspe_h.pdf

6. Dutra Fernando, Lewin Elias y Paiva norberto paiva (1993) Necrosis Tubular Tóxica y Edema Perirrenal en Bovinos Asociado a la Ingestión de Amaranthus Quitensis. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/fernando_dutra/publication/274709840necrosis_tubulartoxicayedemaperirenalenbovinosasociadaalaingestiondeamaranthusquitensis/links/5526bae10cf229e6d635bb10/necrosis-tubular-toxica-y-edema-perirenal-en-bovinos-asociado-a-la-ingestion-de-amaranthus-quitensis.pdf
7. Elika (2009) Nitritos. Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria Granja Modelo. Recuperado de: http://www.elika.net/datos/pdfs_agrupados/documento46/nitritos.pdf
8. Fedegan (2018). Ganadería colombiana hoja de ruta 2018 – 2022. Recuperado de: http://static.fedegan.org.co/s3.amazonaws.com/publicaciones/Hoja_de_ruta_Fedegan.pdf
9. Fernández M (2011) consecuencias de la ingestión de nitratos en el ganado vacuno. *Mundo Ganadero*. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_MG%2FMG_2011_239_28_30.pdf
10. Garcia Martinez Gina Lorena, Herrera Ariza Carlos Hernando. (1991). Inventario e identificación de plantas tóxicas que afectan la producción animal en los municipios de villavicencio y restrepo. Tesis para optar el título de Medico Veterinario Zootecnista. Universidad tecnológica de los llanos orientales. Recuperado de : <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4117/1/175.pdf>

11. Ghazunfar Rashid, Muhammad Avais, Syed Saleem Ahmad, Muhammad Hassan Mushtaq, Muhammad Adil, Amjad Islam Aqib, Mahboob Ali, Muhammad Sajid Hasni, Muhammad Asif, Yung Fu Chang, and Muhammad Ameen Jamal. (2019). Comparativa efficacy of different antidotes against experimental nitrate intoxication in rabbits. *Journal of Exotic Pet Medicine* 28, pp 82 - 89 Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1557506317302987>
12. Giuseppe Collaa, Hye-Ji Kimb, Kyriacouc Marios C, Youssef Roupbaeld (2018). Nitrate in fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae* 237 221–238. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423818302656>
13. Gonzales Delgado, M.F, Gonzales Zamora A, Gonsebatt, M.E, Meza Mata E, García Vargas G. G, Calleros Rincón E.Y, Pérez Morales R. (2018). Subacute intoxication with sodium nitrate induces hematological and biochemical alterations and liver injury in male Wistar rats. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. (49). Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651318309205?via%3Dihub>
14. Gutiérrez Melida, Biagioni Richard N., Alarcón-Herrera Maria Teresa, Rivas-Lucero Bertha A. (2018). An overview of nitrate sources and operating processes in arid and semiarid aquifer systems. *Science of The Total Environment* Volume 624, Pages 1513-1522. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717336860>

15. ICA, Censo pecuario nacional, (2020) Recuperado de:
<https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx#:~:text=La%20poblaci%C3%B3n%20bovina%20en%20el,%25%2C%20respecto%20al%20a%C3%B1o%20anterior.>
16. Instituto colombiano agropecuario. (2010). Intoxicación por nitratos y nitritos causa muerte de bovinos en Boyacá. Recuperado de:
<https://www.ica.gov.co/noticias/pecuaria/2010/intoxicacion-por-nitratos-y-nitritos-causamuerte#:~:text=La%20muerte%20de%20los%20animales.hasta%204.000%20partes%20por%20mill%C3%B3n>
17. Jönck Fernanda, Gava Aldo, Traverso Sandra Davi, Lucioli Joelma, Fernando Henrique. (2013). Intoxicação espontânea e experimental por nitrato/nitrito em bovinos alimentados com Avena sativa (aveia) e/ou Lolium spp. (azevém). *Pesq. Vet. Bras.* 33(9):1062-1070. Recuperado de:
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-736X2013000900003&script=sci_abstract&tlng=pt
18. Knight A, Walter R.G (2002) Guía para el envenenamiento de animales por plantas en América del norte. Recuperado de:
<https://www.ivis.org/library/guide-to-plant-poisoning-of-animals-north-america/plants-causing-sudden-death>
19. Martínez Marín Andrés L, Sánchez Cárdenas Juan F. (2001). Efectos del nitrato en la alimentación de rumiantes. *Mundo Ganadero*. Recuperado de:

<http://www.uco.es/users/pal martm/Efectos%20del%20nitrato%20en%20la%20alimentaci%C3%B3n%20de%20rumiantes.pdf>

20. Martínez Marín Andrés L, Sánchez Cárdenas Juan F. (2007). Efectos del nitrato en la alimentación de rumiantes. *Producción animal*. Recuperado de:
http://www.produccionanimal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/intoxicaciones/10-efectos_del_nitrato.pdf
21. Medeiros Rosane M.T, Correa -Riet Franklin, Tobosa Ivon M, Silva Zoélio A, Barbosa Rossemberg C, Marques Ana Valéria M.S, Nogueira Francisco R.B. (2003). Intoxicação por nitratos e nitritos em bovinos por ingestão de *Echinochloa polystachya* (capim-mandante) e *Pennisetum purpureum* (capim-elefante) no sertão da Paraíba. *Pesq. Vet. Bras.* 23(1):17-20. Recuperado de:
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-736X2003000100004&script=sci_abstract&tlng=pt
22. Muñoz Elizabeth H, Pupiales Silvia A, Navia Jorge E. (2011). Evaluación del estado actual del nitrógeno en el arreglo silvopastoril aliso (*alnus jorullensis* h b & k) kikuyo (*pennisetum clandestinum* hochst. ex chiov.). *Revista de Ciencias Agrícolas-volumen xxviii no. 1 pags. 161 – 175*. Recuperado de:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5104120>
23. Orellana B Myriam, Guajardo T Viviana (2004). Actividad del citocromo P450 y su alteración en diversas patologías. *Revista médica de Chile*. Recuperado de:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872004000100014

24. Parada Roberto N. (1987). Intoxicación por nitrato en bovinos lecheros en una pradera de ballica italiana (*lolium multiflorum* var. Tama). *Avances en ciencias veterinarias* – vol .2, N 1:65-68. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/122606>
25. Perusia Oscar R, Rodríguez Armesto Roberto. (2017). nitratos y nitritos. *Sitio Argentino de Producción Animal*. Recuperado de: http://www.produccionanimal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/intoxicaciones/243-Nitratos_y_nitritos.pdf
26. Peña Betancourt Silvia Denise, Posadas Manzano Eduardo (2018). Enfermedades sistémicas e intoxicaciones en el ganado bovino y animales de compañía. *Universidad Autónoma Metropolitana*. Recuperado de: https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/enfermedades_sistemicas.pdf
27. Pinzón Iregui María Clara, Contreras H Claudia M, Restrepo Miguel Uribe (2002). Envenenamiento por cianuro. *rev.colomb.psiquiater. vol.31 no.4 Bogotá*. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502002000400006
28. Salado Eduardo Eloy, Mattera Juan (2011). Intoxicación de rumiantes por el consumo de plantas acumuladoras de nitratos. Información para la emergencia ante la sequía. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Recuperado de:

<https://inta.gob.ar/documentos/intoxicacion-de-rumiantes-por-el-consumo-de-plantas-acumuladoras-de-nitratos.-informacion-para-la-emergencia-ante-la-sequia>

29. Souza do Nascimento Tatiana, Lami Pereira Rodrigo Otavio, Dias de Mello Luiz Humberto, Costa José. (2008). Metemoglobinemia: do Diagnóstico ao Tratamento. *Revista Brasileira de Anestesiologia* 651 Vol. 58, No 6, Novembro-Dezembro. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-7094200800060001_1
30. Tarazona Laforga José Vicente. (1985). Intoxicación de los animales domésticos por nitratos y nitritos. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_REA%2FREA_1_985_05_116_120.pdf
31. Torres Gámez Jorge Enrique. (1976). Intoxicación por nitratos y nitritos en rumiantes: relación con la caída del ganado. *Instituto Colombiano Agropecuario, Ibagué (Colombia) Curso de toxicología veterinaria p. 39-49*. Recuperado de: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/22303/21116_541.pdf?sequence=1&isAllowed=y
32. Uribe Peralta A. (1985). Anotaciones sobre los nitratos, los nitritos y otras sustancias nitrogenadas en el pasto kikuyo. *Revista ACOVEZ Colombia. v.9 (30), p. 37-40*. Recuperado de: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/28976/26371_12721.pdf?sequence=1&isAllowed=y

33. Valdés Analía. (2015). Contenido de nitratos en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivada en la 3ª Zona de Riego del Río Mendoza. *Universidad Nacional de Cuyo Facultad de Ciencias Agrarias Carrera de Licenciatura en Bromatología*. Recuperado de: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/6681/tesis-brom.-anala-valds.pdf
34. Vargas Martinez_Juan de Jesús; Sierra Alarcón Andrea Milena, Mancipe Muñoz Edgar Augusto, Avellaneda Avellaned_Yesid (2018). Kikuyu, present grass in ruminant production systems in tropic Colombian highlands *Rev. CES Med. Zootec.* 2018; Vol 13 (2): 137-156. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/cmvez/v13n2/1900-9607-cmvz-13-02-137.pdf>