



ARTÍCULO DE REVISIÓN

Fuentes minerales cubanas. Experiencias en la crianza animal

Cuban mineral sources. Experiences in animal breeding

Juan Ramón García Díaz¹, Mario Reinoso Pérez¹, Raciél Lima Orozco^{1,2*}

¹Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, carretera a Camajuani km 5½, Santa Clara 54830, Villa Clara, Cuba

²Centro de Investigaciones Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, carretera a Camajuani km 5½, Santa Clara 54830, Villa Clara, Cuba

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 06/09/2021
Aceptado: 18/03/2022

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses

CORRESPONDENCIA

Raciél Lima Orozco
raciello@uclv.edu.cu



Cu-ID: <https://cu-id.com/2153/cag093222377>

RESUMEN

Los minerales son esenciales para los procesos metabólicos y fisiológicos en los seres vivos. Sin embargo, en Cuba son deficitarios en la mayoría de los suelos destinados a la ganadería, y la mayoría de especies de pastos, forrajes y alimentos en general presentan deficiencias de minerales o su disponibilidad es escasa. Esto provoca baja productividad de los rebaños por efectos directos sobre la salud animal, e indirectos sobre los recursos forrajeros. Afortunadamente, existen varias fuentes minerales nacionales que permiten corregir esos estados carenciales, pero su empleo está poco difundido entre los productores. El presente trabajo es una revisión descriptivo-analítica, basada en aportes teórico-prácticos, cuyo objetivo fue contribuir a la actualización sobre el empleo de fuentes minerales cubanas en la crianza y alimentación animal, que sustituyan importaciones sin afectar el comportamiento bioproductivo y económico de los rebaños. La metodología radicó en la compilación de artículos científicos y publicaciones oficiales de instituciones académicas, tecnológicas y científicas. Los resultados se centralizaron en: las principales fuentes minerales disponibles (rocas fosfóricas naturales y sus fosfatos derivados, dolomitas, magnesitas, zeolitas y bentonitas), sus modos de empleos como sustituto a fuentes importadas y sus efectos sobre la salud y producción animal. Se concluye que en Cuba existen fuentes minerales nacionales que benefician la salud y producción animal, con las que se pueden elaborar formulaciones minerales para suplementar a diferentes especies animales según sus propósitos, sin afectar el comportamiento bioproductivo y económico de los rebaños con la consecuente disminución de las costosas fuentes minerales importadas.

Palabras clave: suplementación mineral, carbonato de calcio, fosforita, magnesita, zeolita

ABSTRACT

Minerals are essential for metabolic and physiological processes in living beings. However, in Cuba they are deficient in most of the soils used for cattle raising, and most pasture, forage and food species in general present mineral deficiencies or their availability is scarce. This causes low herd productivity due to direct effects on animal health and indirect effects on forage resources.

Fortunately, there are several national mineral sources that allow correcting these deficiencies, but their use is not widespread among producers. The present work is a descriptive-analytical review, based on theoretical-practical contributions, whose objective was to contribute to the update on the use of Cuban mineral sources in animal breeding and feeding, which substitute imports without affecting the bioproductive and economic behavior of the herds. The methodology was based on the compilation of scientific articles and official publications of academic, technological and scientific institutions. The results were focused on: the main available mineral sources (natural phosphoric rocks and their derived phosphates, dolomites, magnesites, zeolites and bentonites), their uses as a substitute to imported sources and their effects on health and animal production. It is concluded that in Cuba there are national mineral sources that benefit animal health and production, with which mineral formulations can be elaborated to supplement different animal species according to their purposes, without affecting the bioproductive and economic behavior of the herds with the consequent decrease of the costly imported mineral sources.

Keywords: mineral supplementation, calcium carbonate, phosphorite, magnesite, zeolite

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales los sistemas de producción con rumiantes se caracterizan por la utilización de especies forrajeras como constituyentes mayoritarios de las raciones alimenticias y éstas son cosechadas directamente por los animales mediante pastoreo u ofrecidas en comederos bajo la modalidad de corte y acarreo (Lima Orozco *et al.*, 2013). En ambos casos, las áreas dedicadas a estos cultivos se encuentran generalmente sobre suelos de baja fertilidad, lo que unido a los escasos niveles de fertilización no se favorece la producción de una biomasa rica en minerales y otros nutrientes esenciales (Lok, 2016).

En estas condiciones son muy frecuentes las deficiencias de macro-minerales (Ca, P, Mg, Na y Cl) y elementos trazas (principalmente Co, Cu, Mn y Zn), con afectaciones directas sobre el desempeño productivo y el estado de salud de los animales (Rosero y Posada, 2016). Aunado a ello, existe la posibilidad de que se exacerbe el antagonismo entre algunos nutrientes, disminuya la asimilación o se eleve el potencial de toxicidad de otros. Por estas razones, la suplementación mineral se hace imprescindible en los rebaños sometidos a pastoreo en áreas tropicales (Suttle, 2010).

Los minerales son esenciales para todos los procesos metabólicos y fisiológicos que ocurren en el organismo animal (Gutiérrez, 2010). En Cuba se encuentran en concentraciones deficientes en la mayoría de los suelos destinados a la ganadería, y más de 3000 especies de pastos, forrajes y alimentos en general presentan deficiencias de minerales o su disponibilidad es escasa (García *et al.*, 2010; Galindo *et al.*, 2014).

Las deficiencias minerales y la suplementación inadecuada en cantidad y calidad afectan la reproducción ya que provoca el incremento del intervalo interpartal, anestro, celos silentes, bajo peso al nacer, incrementos en la edad de incorporación, abortos y crías muertas (García *et al.*, 2010). También, afecta el crecimiento y desarrollo, disminuyen la producción láctea en calidad y cantidad, el rendimiento de la canal y la calidad de la carne. En la avicultura causa

decrecimiento de la producción de huevos y su calidad (Acosta *et al.*, 2009).

La problemática de la suplementación mineral, a nivel mundial, se agudiza para las especies monogástricas debido a que los ingredientes más utilizados en la formulación de sus dietas son de origen vegetal, caracterizados por baja disponibilidad de minerales como fósforo que, aproximadamente, un 70 % del mismo se encuentra unido al ácido fítico, con alta capacidad para formar complejos con los minerales esenciales (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} y Fe^{2+}), lo que disminuye su absorción intestinal y biodisponibilidad (Valera, 2013; Rodríguez Mendieta *et al.*, 2015a; Rodríguez Mendieta *et al.*, 2015b).

Las sales minerales son costosas, especialmente las premezclas de microelementos por lo que se dificulta su acceso en el mercado internacional. Su suplementación parenteral, aunque ha dado resultados satisfactorios, en Cuba aún no está disponible comercialmente. Consecuentemente, se presentan las deficiencias minerales en el ganado con su impacto productivo y económico negativo (García Díaz *et al.*, 2020).

El objetivo del presente trabajo fue contribuir a la actualización sobre el empleo de fuentes minerales cubanas en la crianza y alimentación animal, que sustituyan importaciones sin afectar el comportamiento bioproductivo y económico de los rebaños.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de la literatura científica relacionada con el tema en estudio, con la finalidad de contribuir a la actualización sobre el empleo de fuentes minerales cubanas en la crianza y alimentación animal, que sustituyan importaciones sin afectar el comportamiento bioproductivo y económico de los rebaños. Se consultaron artículos científicos de revistas indexadas en la base de datos especializadas de reconocimiento internacional, tales como: Web of Science, Scopus, Scielo, Redalyc y Latindex. Además, se revisaron otras fuentes bibliográficas nacionales editadas

por los principales centros que investigan el objeto de estudio. Por ser una revisión que busca brindar a los lectores la mayor información posible investigada en Cuba y con ello poner a disposición de actores productivos alternativas para sostener la producción animal, la misma, se enmarcó en la producción científica en los últimos 20 años (de 2021-2017 el 17 %, de 2016-2012 el 46 %, de 2011-2007 el 20 %, de 2006-2002 el 10 % y anteriores al 2002 el 7 %), dentro del contexto mundial y cubano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Principales fuentes minerales cubanas, sus yacimientos y su composición química

En Cuba, existen diversos yacimientos de rocas fosfóricas, magnesita, dolomita, zeolitas y carbonato de calcio, las cuales ya han sido utilizadas de manera indistinta y en diversas combinaciones como suplemento alimenticio o camas para diferentes especies de animales de interés económico. Las principales fuentes minerales estudiadas para este fin son las rocas fosfóricas naturales y sus fosfatos derivados, las dolomitas, magnesitas, zeolitas y bentonitas (Acosta *et al.*, 2009; Gutiérrez, 2010).

Existe una vasta experiencia acumulada por más de 40 años por especialistas en el Instituto de Ciencia Animal, la Empresa Geominera del Centro, entre otras entidades productivas y de investigación cubanas en la prospección, caracterización, evaluación tecnológica y empleo de esas fuentes naturales (Gutiérrez *et al.*, 2008; Ruiz *et al.*, 2008; Acosta *et al.*, 2009; Gutiérrez, 2010; Pérez, 2013; Valera, 2013; García Hernández y García Curbelo, 2016; Pérez, 2019). Estos conocimientos unidos a la escasa disponibilidad de suplementos minerales convencionales mayoritariamente importados justifican la necesidad de generalizar el aprovechamiento de estos recursos minerales en los sistemas de producción animal del país.

En la *tabla 1* se exponen las fuentes y los yacimientos de macroelementos con que cuenta Cuba, los cuales pueden ser aprovechados para elaborar formulaciones minerales para mejorar la salud y producción animal. La composición mineral de estas fuentes es muy variable, siendo dependiente de la franja o zona de extracción y de los procesos industriales a que son sometidos una vez que son extraídas.

El P de la fosforita procedente del yacimiento “Trinidad de Guedes” tiene alta biodisponibilidad relativa en pollos de ceba y gallinas, muy similar al fosfato dicálcico, por lo se considera una buena fuente de P para las aves (Acosta *et al.*, 2009; Valera, 2013). Esto es muy importante pues el P en las mezclas minerales no solo debe estar en los niveles adecuados, sino que debe estar biodisponible (Rodríguez Mendieta *et al.*, 2015b; Rosero y Posada, 2016).

Un fosfato (F) grado alimenticio (*feed grade*) debe poseer una relación P:F inferior a 100:1 (NRC, 2012), ya que el

exceso F es tóxico para el ganado. Los contenidos de F en las rocas fosfóricas nacionales son superiores al de los fosfatos de importación, debido a que a estos últimos se les realizan procesos de eliminación o disminución del F para la comercialización. No obstante, este elemento se encuentra en forma de fluoruro de calcio que se excreta por las heces y orina, y es menos disponible que el fluoruro de sodio el cual se toma como referencia internacional (Gutiérrez *et al.*, 2016).

Aunque pudieran parecer elevadas las cantidades de F en las fosforitas cubanas, estas nunca sobrepasarían los niveles permitidos por NRC (2012). Ello se explica por la baja cantidad de fosforita que se incluiría en las dietas. En 60 g de premezcla mineral, el 50 % es de fosforita, lo que equivale a 30 g con 1,3 % de F, por lo que el animal recibiría 380-390 mg F día⁻¹, en estas cantidades el F presente no constituye un factor de alto riesgo para los animales (Valera, 2013).

Las concentraciones de Ca, P y el F, en suero sanguíneo y hueso, de toros suplementados con fosforitas cubanas, durante tres meses al finalizar la ceba, no difirieron entre los fosfatos nacionales y de importación, a pesar del tiempo de exposición a la fuente cubana con altos niveles de F (Gutiérrez *et al.*, 2016). Otro aspecto a considerar en las tobas fosfóricas es su contenido de metales pesados, especialmente aquellos que poseen una densidad igual o superior a 4 g cm⁻³ cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo los metales alcalinos y alcalino-térreos) (Londoño-Franco *et al.*, 2016; Soto-Benavente *et al.*, 2020).

En la *tabla 2* se exponen los contenidos de metales pesados en la fosforita Trinidad de Guedes. Estos afectan la salud de los animales en dependencia de la sensibilidad de cada especie a los mismos. La especie más sensible es la ovina, le siguen en orden decreciente la bovina, equina, porcina y las aves (Bergqvist *et al.*, 1991). Mientras que los animales jóvenes son más vulnerables que los adultos (Valera, 2013).

Los valores de concentración de metales pesados en las nuevas menas de la fosforita Trinidad de Guedes, cuando se emplean como premezclas en dietas animales, se encuentran por debajo de los valores registrados como referenciales por NRC (2012) y Valera (2013). Dichos resultados avalan la utilización de la fosforita de estas nuevas menas como fuente de P y Ca en las especies animales, ya que la cantidad real que llega al animal a través de la dieta es mínima, debido a su uso como suplemento.

Por otro lado, no se encontraron diferencias en la bioacumulación de metales pesados en fémur, tarsos y las plumas de aves suplementadas con la fosforita Trinidad de Guedes y el fosfato dicálcico de importación. A pesar de los altos contenidos de Pb en las menas de ese yacimiento, este no se refleja directamente en la cantidad bioacumulada en los huesos de los animales en experimentación (Valera, 2013; Gutiérrez *et al.*, 2016).

Tabla 1. Fuentes y yacimientos de macroelementos con que cuenta Cuba para elaborar formulaciones minerales de interés para la salud y la producción animal

Fuente mineral	Yacimientos / origen	Contenido (%)			
		P ₂ O ₅	CaO	MgO	F
Roca fosfórica	Trinidad de Guedes, Unión de Reyes, Matanzas Loma La Pimienta, Artemisa	26,0-27,0	18,0-32,0	0,19	1,30-3,0
Caliza fosfatada	Loma de la Candela, Mayabeque	5,0	35,0	--	ND*
Magnesita (MgCO ₃)	Redención, Minas, Camagüey Jaruco, Mayabeque Alrededores de Las Minas y Manajanabo, Santa Clara, Villa Clara	--	3,76-5,85	37,7-39,2	ND
Dolomita CaMg (CO ₃) ₂	Remedios, Villa Clara	--	30,4	21,9	ND
Carbonato de Calcio (CO ₃ Ca)	Tanque Viñas, Remedios, Villa Clara	0,04	54,0	0,3	ND
Bentonita (SiO ₂ ,H ₂ O)	Chiqui Gómez, Remedios, Villa Clara	--	1,2	2,11	ND
Zeolitas	Tasajeras, Ranchuelo, Villa Clara	0,04-0,09	4,12-5,78	0,55-0,92	ND
Conchas marinas	Litoral Sur de Güines, Mayabeque	3,00	37,0	--	ND

Fuente: Elaboración propia a partir de Valera (2013), Gutiérrez *et al.* (2016), Costafreda Mustelier *et al.* (2018) y GEOMINSAL (2021)

* ND: No determinado o dato no disponible

Tabla 2. Contenidos de metales pesados en la fosforita de Trinidad de Guedes (Valera, 2013)

Metales pesados (mg kg ⁻¹)						
Pb	Cd	Mn	Hg	As	Zn	Cu
82,50	7,20	1056,90	1,30	10,04	210,60	121,30

Aplicación de las fuentes cubanas de minerales

La fosforita de Trinidad de Guedes mejoró la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, la producción de amoníaco como producto final de la fermentación ruminal y los principales indicadores fermentativos en vacas lecheras (Gutiérrez, 2010; Gutiérrez *et al.*, 2016). Según estos autores, con la fosforita de Trinidad de Guedes se obtuvo similar comportamiento productivo y digestibilidad del P comparado con fuentes convencionales de este mineral. Además, no se alteraron los indicadores del metabolismo mineral en toros, ovinos y vacas lecheras (Ca, P y F en suero sanguíneo).

En adición, no se encontraron diferencias en el consumo y digestibilidad aparente de la materia seca entre ovinos Pelibuey suplementados con 60 g de fosfato dicálcico y fosforita Trinidad de Guedes. En estos, el consumo de materia seca fue de 3,6 y 3,2 % del peso vivo, respectivamente, por lo que estos resultados sustentan las potencialidades de esta roca fosfórica en la alimentación animal (Valera, 2013). Igualmente, en cerdos en crecimiento-ceba tampoco se encontraron diferencias en los contenidos de materia seca, ceniza, Ca y P en la composición química corporal, entre los suplementados con fosfato dicálcico cubano y el importado (Gutiérrez *et al.*, 2016).

La fosforita Trinidad de Guedes posee alta biodisponibilidad relativa del P para pollos y gallinas ponedoras (Acosta *et al.*, 2009). El grosor de la cáscara del

huevo y su resistencia a la ruptura, constituyen indicadores de gran efectividad al evaluar fuentes de Ca en gallinas ponedoras (Acosta *et al.*, 2009; Valera, 2013). En las mismas, el empleo de la caliza fosfatada y las conchas marinas, en sustitución total del carbonato de calcio incrementaron la calidad de la cáscara del huevo y las conchas de ostras resultaron buenas fuentes de Ca y P para pollos de engorde, con resultados satisfactorios en consumo, ganancia y conversión, y con las concentraciones de minerales, en las tibias (Gutiérrez *et al.*, 2016).

Con la fosforita de La Pimienta se sustituyó totalmente la fuente de P de importación y por cada 1000 t de carne de cerdo se sustituyen 3,16 t y se ahorran 5,16 t de fosfato de importación. Igualmente, se puede sustituir todo el carbonato de calcio (para 1000 t de carne se ahorran 2,33 t por concepto de carbonato). Se obtuvo similar comportamiento productivo, digestibilidad del P y no se alteraron los indicadores del metabolismo mineral (Valera, 2013; García Hernández y García Curbelo, 2016).

Con la caliza fosfatada de la Loma de Candela se sustituyó completamente el carbonato de calcio y se mejoró la calidad de la cáscara del huevo (resistencia a la ruptura). Se obtuvo similar comportamiento en la producción y peso de los huevos y estabilidad en los indicadores del metabolismo mineral (Ca, P y cenizas de las tibias) (Acosta *et al.*, 2009).

Los resultados científicos son concluyentes e indican que se puede sustituir totalmente la fuente de P de importación en pollos y gallinas ponedoras con la fosforita Trinidad de Guedes, que favorece la calidad de la cáscara del huevo

(grosor y resistencia) y reduce las pérdidas económicas. En rumiantes se obtuvo similar comportamiento productivo y digestibilidad del P, no alteraron los indicadores del metabolismo mineral y mejoraron el comportamiento bioproductivo.

En el caso de las magnesitas poseen entre el 30 y 50 % de Mg en forma de óxidos o sulfatos, y las dolomitas tienen 25 % de óxido de magnesio y 35 % de óxido de calcio. Ambas se encuentran en el yacimiento “Jaruco”, provincia de Mayabeque, y se emplearon con éxito en la salud y producción animal (Acosta *et al.*, 2009; Gutiérrez *et al.*, 2016). Por otro lado, los sulfatos de Fe, Cu, Co y Mn nacionales están biológicamente disponibles para las especies comerciales, sustituyen a los productos de importación en estudios con aves, cerdos, carneros y bovinos y ofrecen resultados similares a los obtenidos con premezclas de importación (Gutiérrez *et al.*, 2016).

El sulfato de Fe tiene entre 20 y 25 % de Fe y el sulfato de Cu entre 20 y 30 % de Cu. Ambos proceden del yacimiento “Fábrica de Cemento Margarita de Cambute”, provincia de Guantánamo. El sulfato de cobalto es un subproducto del proceso de producción del níquel en Moa, provincia de Holguín que tiene entre 25 y 30 % de cobalto (Acosta *et al.*, 2009; Gutiérrez *et al.*, 2016).

En cerdos se demostró que con las premezclas minerales nacionales de sulfatos de Co, Cu, Fe y Mn se puede sustituir completamente la premezcla mineral importada y emplear las sales minerales de producción nacional (aves y cerdos), sin afectarse los principales indicadores clínicos y metabólicos (Hemoglobina, Hematocrito, Albúmina, Proteínas totales, Fosfatasa alcalina). En estos estudios, se obtuvo similar comportamiento productivo y mejoró la eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes (Acosta *et al.*, 2009; García Hernández y García Curbelo, 2016).

Además, las premezclas minerales nacionales (Sulfatos de Co, Cu, Fe y Mn) en rumiantes sustituyen completamente la premezcla mineral importada, se logra estabilidad en los indicadores fermentativos del rumen, se eleva la disponibilidad y retención de los elementos estudiados y se obtiene similar comportamiento productivo y mayores ventajas económicas (Acosta *et al.*, 2009; Valera, 2013).

Principales propiedades de las zeolitas naturales y principales yacimientos

La zeolita natural es un producto natural del grupo de los Aluminosilicatos hidratados de estructura cristalina muy porosa, que forma canales submicroscópicos que contienen agua y cationes de intercambio, entre los que cede al medio Ca, Mg y Na en este orden. Posee amplia superficie específica que le confiere elevada capacidad de adsorción (Costafreda Mustelie *et al.*, 2018).

Este mineral posee un peso específico de 1200 kg m⁻³ y permiten mejorar la eficiencia nutricional en rumiantes,

sobre todo cuando se utilizan raciones fibrosas de mala calidad porque entre otras ventajas, adsorbe dos veces su peso en agua, sustancias no deseables como metales pesados, radionucleótidos y micotoxinas. Tiene alta preferencia por el amonio y atrapa aflatoxinas en > 90 % y no adsorbe sustancias nutritivas (Costafreda Mustelie *et al.*, 2018; Pérez, 2019).

La estructura de las zeolitas es una matriz de tetraedros de silicio y de aluminio unidos, formando un entramado abierto de canales y poros. A diferencia de las arcillas, las zeolitas son aluminosilicatos alcalinos y alcalinotérreos, principalmente de Na y de Ca. En la naturaleza se han identificado más de 40 especies de zeolitas diferentes y a su vez existen varias especies de zeolitas sintetizadas artificialmente (Costafreda Mustelie *et al.*, 2018).

Las zeolitas son minerales aluminosilicatos hidratados con cationes alcalinos y alcalino-térreos, que presentan infinidad de estructuras tridimensionales de tetraedros de SiO₄. Estos minerales pertenecen a la familia de los tectosilicatos, por lo que no se consideran arcillas (Costafreda Mustelie *et al.*, 2018).

Este recurso natural está compuesto por iones minerales móviles e intercambiables, con gran selectividad para el amoníaco, así como para el K, Na, Ca y Mg (Culfaz y Yagiz, 2004). La inclusión de zeolitas incrementó la población ruminal de bacterias celulolíticas en alrededor de una unidad porcentual. Dichas bacterias requieren de K, Ca y Mg, para su reproducción y además, para la actividad específica del complejo de enzimas celulasas, lo que mejora el equilibrio bacteriano en el rumen y por ende los indicadores del ambiente ruminal (Ruiz *et al.*, 2008).

Las zeolitas naturales y sintéticas son capaces de intercambiar sus iones móviles con los compuestos nitrogenados en el rumen, lo que da lugar a la liberación más lenta de estos últimos, con mayor disponibilidad para los microorganismos y el receptor hospedero. Estos compuestos nitrogenados no se expulsan hacia el exterior del tracto al pasar hacia las partes más bajas (García Hernández y García Curbelo, 2016; Gutiérrez *et al.*, 2016). Por esta razón, se utilizan como aditivos inorgánicos, reguladores de los procesos digestivos y del metabolismo del N en rumiantes (Ruiz *et al.*, 2008; García Hernández y García Curbelo, 2016).

Según Castro (2005), sólo diez tipos de zeolitas se han probado en alimentación animal, de las más de 40 especies conocidas en la actualidad. De ellas, la clinoptilolita es una de las de mayor uso, debido a la captación de aflatoxinas y la reducción del estrés oxidativo, por lo que mejora la salud, el crecimiento y la producción de los animales. Las zeolitas favorecen el metabolismo mineral y los perfiles sanguíneos, pero se debe garantizar la relación Ca/P adecuada (Ruiz *et al.*, 2008).

Cuba cuenta con 18 yacimientos de zeolitas naturales a lo largo de todo el territorio nacional, con reservas cercanas a los 300×10^6 t (Tabla 3). Numerosas investigaciones se han desarrollado con las zeolitas naturales en el Instituto de Ciencia Animal y otros centros de investigación del país durante casi cuatro décadas (Castro, 2005; García Hernández y García Curbelo, 2016; Gutiérrez *et al.*, 2016).

Utilización de las zeolitas naturales en la crianza animal

La suplementación de rumiantes con zeolita permite mejorar la utilización del N por parte de la microflora ruminal debido a que el amoníaco retenido por la zeolita se libera lentamente al ambiente ruminal (Gutiérrez *et al.*, 2008). Además, favorece la degradación de los nutrientes en el rumen, con aumento de la velocidad de ingesta y mayor consumo (Forouzani *et al.*, 2016).

La suplementación de zeolita en rumiantes no afecta la fermentación ruminal, la digestibilidad de los nutrientes, el pH y la concentración de NH_3 (Ruiz *et al.*, 2008; Forouzani *et al.*, 2016). En ovinos suplementados con zeolita no se afectó el consumo y la digestibilidad de la materia seca, de la materia orgánica, de la fibra ácido detergente y la proteína cruda (Ruiz *et al.*, 2008). Estos resultados sugieren que es factible utilizar la zeolita como aditivo en dietas para ovinos, aunque se recomiendan nuevos estudios con mayor número de animales.

Para estudiar el efecto de los aluminosilicatos en la degradación ruminal de los compuestos nitrogenados, se realizó la suplementación con tres niveles de bentonita natural (0, 100 y 300 g) y 100 g de zeolita. Esto provocó la variación de la producción de NH_3 en el tiempo y alcanzó valores de hasta $14,2 \text{ mmol L}^{-1}$ con la aplicación de la zeolita, superiores a los tratamientos con bentonita natural, donde

los valores no sobrepasaron los $9,0 \text{ mmol L}^{-1}$. En este estudio, la digestibilidad aparente de la materia seca y el N difirió ($p < 0,01$), entre los tratamientos, y fue superior en el tratamiento con 100 g de zeolita e inferior en los animales tratados con 300 g de bentonita (Gutiérrez *et al.*, 2008).

Según Gutiérrez *et al.* (2008), las zeolitas fueron capaces de retener al NH_3 como producto de degradación de los compuestos nitrogenados y liberarlos posteriormente, mientras la bentonita pareció proteger las proteínas ante el ataque de los microorganismos, lo que garantizó cierta cantidad de proteína sobrepasante. Estos autores sugieren que las zeolitas pueden recomendarse cuando se utilizan alimentos fibrosos de mala calidad, mientras que la bentonita debe sugerirse para dietas con proteínas de alto valor biológico, destinadas a rumiantes.

La mejor eficiencia en la utilización de los nutrientes dietéticos, la prevención de diversas patologías y la disminución de los olores desagradables por captación del amonio en el tracto gastrointestinal, son algunos de los principales resultados en las diferentes especies animales. Estos se han corroborado en diversos países como Canadá, Colombia, Ecuador, Venezuela, Brasil, España, Francia, Italia, Portugal y Turquía (Castro, 2005; García Hernández y García Curbelo, 2016).

Sus efectos fisiológicos se atribuyen a su amplia capacidad de intercambio catiónico, donde prevalecen cationes como el Mg, Ca, Na y K, lo que favorece la eficiencia de utilización de nutrientes y en la regulación del consumo voluntario de alimentos (Ruiz *et al.*, 2008; Forouzani *et al.*, 2016).

El intercambio catiónico favorece el balance electrolítico interno, la adsorción de agua, alta selectividad por el amonio y disminución de la velocidad de tránsito de la ingesta a través del tracto gastrointestinal. Además del efecto físico

Tabla 3. Yacimientos de zeolitas naturales cubanas en explotación industrial (Castro, 2005; Costafreda Mustelie *et al.*, 2018)

Yacimiento	Provincia	Tipo de zeolita	Proceso industrial	Destino de los productos
Castilla	La Habana	Ca-heulandita	Molido Secado Clasificación	Suelos Producción animal Fertilizantes, Control ambiental
Tasajeras	Villa Clara	Ca-heulandita- clinoptilolita	Molido Secado Clasificación Modificación	Suelos Producción animal Fertilizantes, Control ambiental Zeopónicos Industria farmacéutica Materiales de construcción Industria del papel
San José del Chorrillo	Camagüey	Ca-clinoptilolita	Molido Secado Clasificación	Suelos Producción animal Materiales de construcción
San Andrés	Holguín	Na, Ca-clinoptilolita	Molido Secado Clasificación	Suelos Producción animal Fertilizantes, Control ambiental
Palmarito	Santiago de Cuba	Ca-mordenita	Molido Secado Mezclado con CaO	Cemento Romano

que estimula la proliferación y renovación de las células de la mucosa intestinal, al aumentar el área superficial para la absorción de nutrientes, también contribuye, en cierta medida, a eliminar sustancias indeseables en el tracto (Culfaz y Yagiz, 2004; Forouzani *et al.*, 2016; Gutiérrez *et al.*, 2016).

En cerdos, el uso de la zeolita permite sustituir totalmente los cereales por miel final en la ceba, todo el pienso importado o el 66 % de la harina de soya por miel B más torula en cerdas lactantes y la harina de soya en un 5 % para la ceba, sin tener que suplementar aminoácidos sintéticos. Además, reduce en 56 % las emisiones de N al medio ambiente, mejora en 20 % la utilización de las fuentes proteicas y en un 10 % la eficiencia de utilización de la miel B sin afectar el comportamiento bioproductivo de los animales (Castro, 2005; García Hernández y García Curbelo, 2016; Gutiérrez *et al.*, 2016).

En Cuba, se utilizaron aditivos, como la zeolita y el CaCO₃, en vacas lecheras. Estos mejoraron los componentes lácteos y controlaron los trastornos fisiológicos, incluso en dietas a base de mieles (García Hernández y García Curbelo, 2016; Gutiérrez *et al.*, 2016). Posteriormente, se demostró que la utilización de la zeolita y el carbonato de calcio, como aditivos en las mezclas de mieles de caña de azúcar, enriquecidas con aceite vegetal y harina proteica para vacas lecheras en pastoreo, mejoró significativamente la composición láctea (Reyes *et al.*, 2003).

La incorporación de 200 g por animal por día de zeolita a la dieta de vacas Holstein con un potencial productivo de más de 5000 litros por lactancia, cuyo alimento base fue el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) en condiciones de secano, con una carga de 2,7 unidades de ganado mayor ha⁻¹ y que, además, recibían 2,7 kg de concentrado, incrementó la productividad por lactancia, superior a los 1 000 L. Además, se mejoró la composición de la leche (en 1,75 % de grasa y 0,8 % de sólidos no grasos) y un intervalo interpartal menor de 400 días. Además, con este mineral se mejoró el estado metabólico y la salud de los animales (García López *et al.*, 2001).

En vacas lecheras permite sustituir el 50 % del concentrado por miel enriquecida, incrementa la producción láctea en 4 % y 8 % en vacas de alta y mediana producción, respectivamente, y se sustituye el 50 % del concentrado sin afectar la composición de la leche (García López *et al.*, 2001; Gutiérrez *et al.*, 2016). En dietas de miel/urea para la ceba permite obtener 766 g de ganancia diaria con solo 29 g de harina de soya y un costo de \$ 0,40 USD por cada kg de peso vivo (Castro, 2005; García Hernández y García Curbelo, 2016).

La utilización de zeolita del yacimiento Tasajera, en el centro de Cuba, del tipo Ca-heulandita - clinoptilolita + Modenita tipo I con 70 % de pureza y capacidad de intercambio catiónico de más de 125 cmol kg⁻¹, en

formulaciones que contenían fosfato dicálcico, carbonato de calcio y urea, aumentó la hemoglobina y el pH sanguíneo. Además, incrementó la producción láctea y su contenido de proteínas, sólidos no grasos, lactosa, pH, densidad, P, Ca y Mg, por lo que resultan beneficiosas para el tratamiento frente al Síndrome de Leche Anormal, lo que se atribuyó al efecto beneficioso de estos reguladores sobre pH y del ambiente ruminal en general (García López *et al.*, 2001; García Hernández y García Curbelo, 2016; Gutiérrez *et al.*, 2016).

En terneros y cerdos, la suplementación de zeolita aumenta la ganancia de peso y reduce la presentación de diarreas (Castro *et al.*, 2014; García Hernández y García Curbelo, 2016). Este mineral disminuye en 40 % las neumonías en cerdos, las lesiones podales en especies de pezuña como ovinos, bovinos y cerdos y 70 % de los gastos por medicamentos. Además, sustituye totalmente los promotores de crecimiento de origen antibiótico, disminuye y controla en 60 % las diarreas por colibacilosis (Castro, 2005; García Hernández y García Curbelo, 2016).

En aves permite utilizar hasta 10 % de miel final en sustitución del cereal en dietas para pollos de ceba, sustituir el 4,5 % de harina de soya en los piensos para ponedoras y disminuir 3,5 % el consumo de pienso en ponedoras y el 7 % el costo en divisas del pienso para ponedoras. En camas para esta especie reduce en 50 % la humedad de las mismas, las que pueden utilizar durante más de un año, garantiza la limpieza de la cáscara de los huevos y después de terminar su uso como camas, se pueden aprovechar como sustrato órgano-mineral para mejorar suelos, en la agricultura orgánica o como alimento para rumiantes, lo que evita la contaminación del medio ambiente (Castro, 2005; García Hernández y García Curbelo, 2016).

CONCLUSIONES

En Cuba existen fuentes minerales nacionales que benefician la salud y producción animal, con los que se pueden elaborar formulaciones minerales para suplementar a diferentes especies animales según sus propósitos, sin afectar el comportamiento bioproductivo y económico de los rebaños con la consecuente disminución de las costosas fuentes minerales importadas.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Juan Ramón García Díaz: Participó en la conceptualización de la revisión, el análisis de la información y la escritura del manuscrito.

Mario Reinoso Pérez: Participó en la conceptualización de la revisión, el análisis de la información y la escritura del manuscrito.

Raciel Lima Orozco: Participó en la conceptualización de la revisión, el análisis de la información y la escritura del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, A., LON-WO, E., CÁRDENAS, M., *et al.* 2009. Determinación de la biodisponibilidad relativa de fósforo en la fosforita del yacimiento Trinidad de Guedes, mediante pruebas de crecimiento y mineralización ósea en pollos y gallinas ponedoras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43 (1): 55-59.
- BERGQVIST, E., PARADA, R. y PALAVICINO, I. 1991. Ingestión crítica de metales pesados en diversas especies animales. *Agricultura Técnica (Chile)*, 51 (4): 370-373.
- CASTRO, M. 2005. Uso de aditivos en la alimentación de animales monogástricos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39: 451-458.
- CASTRO, M., AGÜERO, M., MARTÍNEZ, M., *et al.* 2014. Zeolita natural cubana (Yacimiento San Andrés, Holguín) para cerdas lactantes y sus crías. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 21 (3): 125-129.
- COSTAFREDA MUSTELIER, J. C., MARTÍN SÁNCHEZ, D. A., ROSELL LAMM, B., *et al.* 2018. Las zeolitas naturales de Cuba. *En: COSTAFREDA MUSTELIER, J. I., MARTÍN SÁNCHEZ, D. A. y COSTAFREDA VELÁZQUEZ, J. L. (Eds.). Las zeolitas naturales en los países de iberoamérica.* Madrid, España: Fundación Gómez-Pardo, pp. 190-215.
- CULFAZ, M. and YAGIZ, M. 2004. Ion exchange properties of natural clinoptilolite: lead-sodium and cadmium-sodium equilibria. *Separation and Purification Technology*, 37 (2): 93-105.
- FOROUZANI, R., ROWGHANI, E. and ZAMIRI, M. J. 2016. The effect of zeolite on digestibility and feedlot performance of Mehraban male lambs given a diet containing urea-treated maize silage. *Animal Science*, 78 (1): 179-184.
- GALINDO, J., GUTIÉRREZ, O., RAMAYOM, M., *et al.* 2014. Estatus mineral de las vacas y su relación con el sistema suelo-planta en una vaquería de la región oriental de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48 (3): 241-245.
- GARCÍA-DÍAZ, J. R., DUNGULA-SAPALALO, H. H., NOVAL-ARTÍLESE, M., *et al.* 2020. Relación entre cinquemia y fertilidad en vacas lecheras mestizas Holstein x Cebú. *Archivos de Zootecnia*, 69 (265): 96-101.
- GARCÍA HERNÁNDEZ, Y. and GARCÍA CURBELO, Y. 2016. Additives for animal feeding: The Institute of Animal Science on its 50 years. *Cuban Journal of Agricultural Sciences*, 49 (2): 173-177.
- GARCÍA, J. R., CUESTA, M., GARCÍA, M., *et al.* 2010. Characterization of the content of microelements in the soil-plant-animal system and its influence on cattle reproduction in the central region of Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 44 (3): 227-231.
- GARCÍA LÓPEZ, R., GONZÁLEZ, R. y PONCE, P. 2001. Evaluación de un sistema de producción de leche con vacas Holstein en el trópico. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 35 (2): 121-127.
- GEOMINSAL. 2021. *Fichas técnicas de los principales minerales Cubanos de uso en agricultura y ganadería.* La Habana, Cuba: GEOMINSAL y Geominera del Centro, MINEM, 32 p.
- GUTIÉRREZ, O. 2010. Evaluación biológica de fuentes minerales cubanas para rumiantes y monogástricos y corrección del estatus mineral del bovino en pastoreo en el occidente de Cuba. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias. Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba, 100 p.
- GUTIÉRREZ, O., GALINDO, J., ORAMASA, M., *et al.* 2008. Efecto de la suplementación con bentonita y zeolita en la protección de la proteína ruminal. Estudios *in vivo*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42 (3): 255-258.
- GUTIÉRREZ, O., VALERA, M. y MEJÍAS, R. 2016. Evaluación de fuentes minerales para la producción animal en Cuba. Disponible en: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/evaluacion-fuentes-minerales-produccion-t39520.htm>. Consultado 10-08-2021.
- LIMA OROZCO, R., CASTRO ALEGRÍA, A. and FIEVEZ, V. 2013. Ensiled sorghum and soybean as ruminant feed in the tropics, with emphasis on Cuba. *Grass and Forage Science*, 68 (1): 20-32.
- LOK, S. 2016. Soils dedicated to cattle rearing in Cuba: characteristics, management, opportunities and challenges. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50 (2): 279-290.

- LONDOÑO-FRANCO, L. F., LONDOÑO-MUÑOZ, P. T. y MUÑOZ-GARCÍA, F. G. 2016. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14: 145-153.
- NRC (National Research Council). 2012. *Nutrient Requirement of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Swine*. Washington, District of Columbia: National Academy Press, 203 p.
- PÉREZ, O. 2013. Zeolitas naturales en el mejoramiento ambiental del Zoológico de Santa Clara. V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias'2013, 1-5 de abril, La Habana, Cuba.
- PÉREZ, O. 2019. *Experiencias en el uso de las zeolitas naturales. Una contribución para mejorar la vida*. Santa Clara, Cuba: Geominera del Centro, MINEM, 48 p.
- REYES, J. J., GARCÍA, R. y REY, S. 2003. Utilización de la zeolita y el carbonato de calcio (CO₃Ca), como aditivos en las mezclas de mieles de caña de azúcar, enriquecidas con aceite vegetal y harina proteica para vacas lecheras en pastoreo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37 (4): 375-380.
- RODRÍGUEZ MENDIETA, J. L., GIL DÍAZ, V. D., MARRERO SUÁREZL., *et al.* 2015a. Morfología, rendimiento y contenido de minerales de nuevos cultivares de sorgos cosechados en dos estados vegetativos del grano y en dos épocas del año. *Centro Agrícola*, 42 (4): 37-45.
- RODRÍGUEZ MENDIETA, J. L., LIMA OROZCO, R., MARRERO SUÁREZL., *et al.* 2015b. Contents of anti-nutritional factors in grains of new sorghum cultivars harvested at two vegetative stages and in two seasons of the year. *Cuban Journal of Agriculture Science*, 49 (4): 529-533.
- ROSERO, R. y POSADA, S. L. 2016. *Cálculo de sales minerales para vacunos en pastoreo. 1ª ed.* Universidad de Antioquia, Colombia, 29 p.
- RUIZ, O., CASTILLO, Y., ELÍASA., *et al.* 2008. Efecto de cuatro niveles de zeolita en la digestibilidad y consumo de nutrientes en ovinos alimentados con heno de alfalfa y concentrado. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42 (4): 367-370.
- SOTO-BENAVENTE, M., RODRIGUEZ-ACHATA, L., OLIVERAM., *et al.* 2020. Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. *Scientia Agropecuaria*, 11: 49-59.
- SUTTLE, N. F. 2010. *Mineral nutrition of livestock. 4th ed.* Wallingford, Londres, UK, 554 p.
- VALERA, M. 2013. Caracterización química y biológica de las nuevas menas de fosforita "Trinidad de Guedes". Tesis para optar al grado académico de Máster en Bioquímica, mención Bioquímica de la Nutrición. Universidad de La Habana, La Habana, Cuba, 84 p.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una Licencia Creative Commons AtribuciónNoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.