

**CENTRO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTADA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS**

**Suplementación parenteral de Cu, Zn y Mn en vacas lecheras
en periodo de transición en agroecosistemas carenciales en el
sistema suelo-planta-animal**

Propuesta en opción al premio nacional de la Academia de Ciencias de Cuba 2017.

Santa Clara

2017

1. Presentación:

Título: Suplementación parenteral de Cu, Zn y Mn en vacas lecheras en periodo de transición en agroecosistemas carenciales en el sistema suelo-planta-animal

Unidad Ejecutora Principal del Resultado.

Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia (MVZ). Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA). Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV). Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Autores:

Ernesto Noval Artiles^{1,2}; Juan Ramón García Díaz^{1,2}; Roberto García López³; Miguel Hernández Barreto^{1,2}; Ángel Mollineda Trujillo²; Reinaldo Quiñones Ramos^{1,2}.

Colaboradores: 7

Filiación:

1. Centro de Investigaciones Agropecuarias. (FCA, UCLV)
2. Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia. (FCA, UCLV)
3. Instituto de Ciencia Animal (ICA)

Resumen

Con el objetivo de determinar las deficiencias de Cu, Zn y Mn en el sistema suelo-planta-animal y el efecto de la suplementación parenteral de esos microelementos en el periodo de transición de la vaca lechera, sobre su comportamiento reproductivo en dos agroecosistemas de la región central de Cuba; se desarrolló la presente investigación. Se diagnosticaron deficiencias de Cu, Zn y Mn en ambos agroecosistemas. En la llanura el Cu sérico y hepático y los indicadores reproductivos explican el 38 % de la varianza de la eficiencia reproductiva y en la premontaña fueron el Zn y Cu sérico, los índices reproductivos y el hematocrito, los que explican el 39 % de la varianza. La dosis más eficaz para la suplementación de los animales fue 50 mg Cu, 100 mg Zn y 50 mg de Mn, con la que se incrementaron significativamente las concentraciones séricas y hepáticas de los mismos, y se beneficiaron los indicadores reproductivos. La no aplicación del mejor tratamiento ocasiona pérdidas por animal de 22,98 y 85,12 CUP en los agroecosistemas de llanura y premontaña, respectivamente. La deficiencia en el sistema suelo-planta-animal de los minerales en estudio, afectó la eficiencia reproductiva, sin embargo, la aplicación de 50 mg Cu, 100 mg Zn y 50 mg de Mn cada dos meses incrementa las concentraciones sanguíneas y hepáticas de esos elementos mejorando los indicadores reproductivos.

Aporte científico personal de cada autor al resultado

Ernesto Noval Artiles (38 %). Realizó una amplia búsqueda bibliográfica en el ámbito nacional e internacional como antecedentes de la temática. Diseñó, dirigió y orientó una parte del trabajo investigativo de campo. Realizó la caracterización de la deficiencia de Cu, Zn y Mn en suelo, pastos, suero sanguíneo y tejido hepático de las vacas lecheras, caracterizó su estado metabólico e indicadores reproductivos. Determinó la dosis adecuada de Cu, Zn y Mn por vía parenteral para vacas lecheras en el periodo de transición. Realizó estudio de la mejor dosis parenteral de Cu, Zn y Mn sobre los principales indicadores reproductivos de las vacas lecheras en agroecosistemas carenciales de la región central de Cuba.

Autor de tesis doctoral. Escritura de artículos científicos y ponencias para eventos científicos internacionales.

Juan Ramón García Díaz (22 %). Diseñó, dirigió y orientó una parte del trabajo investigativo de campo. Puso en disposición el suplemento de Cu, Zn y Mn necesarios para realizar el estudio. Revisó metodológicamente el trabajo de investigación. Participó en los estudios del efecto de la suplementación del Cu, Zn y Mn sobre la respuesta a los tratamientos. Fungió como tutor de la tesis de doctorado.

Ángel Mollineda Trujillo (15 %). Realizó todas las determinaciones de minerales en el suelo, pasto, suero sanguíneo y tejido hepático y las determinaciones de los indicadores del proteinograma.

Roberto García López (10 %). Diseñó, dirigió y orientó una parte del trabajo investigativo de campo. Revisó metodológicamente el trabajo de investigación. Participó en el estudio del efecto de la suplementación del Cu, Zn y Mn por vía parenteral sobre el comportamiento reproductivo en hembras bovinas. Fungió como cotutor de la tesis de doctorado.

Miguel Hernández Barreto (10 %). Participó en los estudios del efecto de la suplementación del Cu, Zn y Mn sobre la respuesta reproductiva de los animales en estudio.

Reinaldo Quiñones Ramos (5 %). Realizó un grupo importante de análisis estadísticos, y asesoró y revisó todos los análisis estadísticos de la investigación.

Colaboradores:

Luis Emelio Rojas Jiménez; Raciél Lima Orozco; Harum Munyori-Nderitu, Ariany Colás Sánchez; Oralia Rodríguez López; Sirley Gattorno Muñoz; Ariel Cabrera Rodríguez y Alianny Rodríguez Urrutia.

Autor para la correspondencia

Ernesto Noval Artiles. Berenguer 82 / Zayas y Esquerra. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. 50100. Teléfono: 42295886. E-mail: ernestona@uclv.edu.cu

Comunicación corta del resultado:

El deterioro paulatino de la base alimentaria, el mal manejo de los pastos, la reducción de la dinámica del suelo y la inexistencia de suplementación mineral, especialmente de microelementos, son condiciones objetivas para la existencia de insuficiencias minerales (Alfonso *et al.* 2007, ONEI 2007).

Las carencias de minerales del ganado bovino en pastoreo han sido reportadas en América Latina y otras regiones tropicales (Underwood y Suttle 2001, McDowell y Arthington 2005). Éstas deficiencias en especial de microelementos constituyen limitantes para la reproducción de esta especie (Alfonso *et al.* 2007). Los microelementos participan en un conjunto de funciones vitales, muchas de ellas como componentes de importantes sistemas enzimáticos que se vinculan con la inmunidad, metabolismo y las funciones reproductivas (Pogge *et al.* 2012).

En Cuba, se diagnostican deficiencias de microelementos en diferentes regiones del país y genotipos del ganado bovino, siempre asociadas al deterioro de los indicadores de eficiencia reproductiva de los rebaños (Ruiz *et al.* 1995, Pedroso 2005, García *et al.* 2005). Posteriormente, se publican severas deficiencias de Cu y Zn en vacas lecheras en todo el país, en la región occidental (Valera *et al.* 2011, Figueredo 2016), central (García *et al.* 2010a, Noval *et al.* 2014) y oriental (Viamonte 2010a, Fajardo *et al.* 2011 y Galindo *et al.* 2014).

La suplementación mineral por vía oral en vacas lecheras tiene varios inconvenientes, entre ellos, los antagonistas como el Mo, Fe, S, Ca entre otros minerales que son aportados por los alimentos, e interfieren en la absorción y el metabolismo del Zn, Cu y Mn, (Nayeri *et al.* 2014), lo que no permite controlar el consumo de esos minerales por los animales y como consecuencia, puede presentarse las deficiencias en las vacas lecheras, aun cuando se les suministra sales minerales (Knowles *et al.* 2000).

El periodo de transición de la vaca lechera abarca un tiempo que ocurre antes y posterior al parto, momento en que los animales realizan ajustes metabólicos, adaptación del sistema digestivo y mayor predisposición a presentar deficiencias de microelementos (Ceballos *et al.* 2004, LeBlanc 2010). Además, hay una transferencia importante de Cu, Zn y Mn a la cría y a la glándula mamaria (Cedeño-Quevedo *et al.* 2011, Bhat *et al.* 2011). Machado *et al.* (2013) reportaron que las vacas bajo estrés reducen su habilidad en la retención de minerales, con la reducción en plasma de la concentración de Ca y Zn, entre otros como el Cu, Se y Mn (Goff *et al.* 2002), especialmente alrededor del parto, lo que hace que el proceso de lactación sea más susceptible a enfermedades como la mastitis, metritis (Andrieu 2008), cetosis, desplazamiento de abomaso, retención de placenta, y reducción de la producción (Spears y Weiss 2008), con su consecuente impacto en el comportamiento reproductivo (Calsamiglia 2005, Andrieu 2008).

El Cu es un componente de la ceruplasmina (CP) la cual facilita la absorción y transporte del Fe (Feng-Li *et al.* 2011), juega un papel importante en la reproducción de las hembras porque modula las actividades neurológicas a nivel del hipotálamo, donde modifica la estabilidad de los gránulos de GnRH y modula la liberación de neurohormonas.

El Zn es fundamental para la unión de la mayoría de las hormonas esteroideas con sus receptores en órganos y tejidos donde ejercen su acción (NRC 2001). Las deficiencias de

este mineral provocan alteración en el metabolismo de los carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos y especialmente la síntesis de prostaglandinas lo que afecta directamente la función lútea (Hackbart *et al.* 2010).

El Mn es importante en los procesos reproductivos debido a que, aportes insuficientes de este elemento en la dieta se han relacionado directamente con anestro, retorno irregular al estro, pobre desarrollo folicular, quistes ováricos, retraso en la ovulación, celos silentes y de corta duración, reducción del porcentaje de concepción, incremento del índice de aborto, atrofia ovárica, retraso en la pubertad, nacimiento de terneros débiles o con alteraciones del aparato locomotor o parálisis (Smith y Chase 2007).

La caracterización del contenido de Cu, Zn y Mn en el agroecosistemas de llanura en la región central de Cuba mostró déficits en el 52 y 97.6, 58.49 y 28, y 39.62 y 58.1 % de las muestras en los minerales citados anteriormente, para suelo y pasto, respectivamente. En el agroecosistema de premontaña, el porcentaje de muestras deficientes para suelo y pasto fueron de 25 y 88.8, 25 y 94.4, y 5.0 y 80.5 % para Cu, Zn y Mn, respectivamente. El balance de nutrientes para ambos agroecosistemas fue deficiente en los tres microelementos en estudio, excepto el Zn en la zona de llanura, el cual cubrió los requerimientos, sin embargo, la concentración de acuerdo al consumo de materia seca (MS) es de 5,8 mg Zn/kg MS.

Al realizar la caracterización del estado metabólico a las vacas lecheras, los valores del colesterol, glucosa y triglicéridos (perfil energético) se mantuvieron superiores a los valores de referencia en ambas unidades lecheras.

Respecto a los valores del perfil proteico, se determinaron importantes porcentajes de muestras por debajo del valor de referencia, así, el 100 y 64, 52.6 y 60, y 100 y 100 %, para las variables de proteína total, albumina y globulina, en las lecherías tres y cuatro, respectivamente de la zona de llanura.

El perfil de Cu y Zn en suero sanguíneo presentaron deficiencias superiores al 60 % en las diferentes unidades de estudio de ambos agroecosistemas, y las reservas en tejido hepático de esos minerales más el Mn mantuvieron importantes porcentajes de muestras por debajo del valor de referencia.

En cuanto a la caracterización de los principales indicadores reproductivos de los rebaños en ambos agroecosistemas mostraron un marcado deterioro, peor a los parámetros de referencia para el bovino lechero en condiciones ideales de producción; el detrimento de la eficiencia reproductiva en ambos agroecosistemas se debió a las deficiencias de Cu y Zn sérico y hepático, junto a las concentraciones deficientes de Mn en hígado.

Realizada la caracterización inicial del sistema suelo-planta-animal y demostrado las deficiencias de Cu, Zn y Mn, se hace necesario determinar la dosis adecuada de esos microelementos por vía parenteral a vacas lecheras durante el periodo de transición.

En este experimento el balance de los minerales en estudio demostró deficiencias en Zn (-98.4 ppm) y Mn (-316.98 ppm), sin embargo, los valores de la diferencia del Cu fue positiva (+50.94).

El incremento de la lignina y compuestos monoméricos afectan la digestibilidad del CT-115, principal alimento que compone la ración diaria, por otra parte, la formación de sulfuros compuesto contenido en el DDGs hacen que a nivel de rumen se forme CuS que es altamente insoluble y no puede ser absorbido, lo que hace que realmente existan deficiencias de Cu.

Se formaron cuatro grupos de siete animales, un control y tres tratados con diferentes concentraciones (A= Control (cero suplementación); B=5 mg de Cu, 50 mg de Zn y 25 mg de Mn; C=50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn y D=75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn).

Al evaluar la dinámica de las concentraciones de Cu y Zn sobre los niveles sanguíneos, posterior a la aplicación parenteral, mostró un incremento significativo en los tratamientos C y D y superior sobre A y B a los 15 días.

Los tratamientos con las concentraciones de 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn (C) y 75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn (D) mantuvieron sus parámetros sanguíneos por encima de los valores de referencia (Cu=11.77 $\mu\text{mol/L}$ y Zn 12.62 $\mu\text{mol/L}$), los que se hacen deficiente a los 60 días, momento indicado para aplicar la próxima aplicación y reestablecer sus concentraciones en sangre.

Al aplicar la mejor dosis (50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn), las concentraciones de esos elementos en tejido hepático fueron significativas y dentro de los valores adecuados con respecto al grupo control.

La respuesta a la aplicación parenteral de los diferentes tratamientos sobre los principales indicadores reproductivos mejoró de forma significativa en los tratamientos 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn, y 75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn, los que no difirieron entre sí; semejante comportamiento manifestó la producción de leche.

Conocida la mejor dosis parenteral se desarrolló un experimento para evaluar los principales indicadores reproductivos, además, se midieron los niveles del Cu y Zn además de otros parámetros sanguíneos, tanto en el agroecosistema de llanura como en el de premontaña.

En ambas zonas el grupo tratado (50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn) manifestó incremento significativos y por encima de los valores de referencia con respecto a su estado inicial, el grupo control mantuvo valores similares de los parámetros evaluados en ambos momentos de ser controlados.

El comportamiento de los principales indicadores reproductivos en las vacas de los agroecosistema llanura y premontaña suplementadas con 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn a partir de los ocho meses de gestación y cada 60 días, mejoró significativamente con respecto al grupo no suplementado (control).

Referencias de resultados científicos publicados sobre el tema.

Resumen de las publicaciones.

Publicaciones	Cantidad
Artículos en WoS Y SCOPUS (grupo I)	4
Artículos en BDRI (grupo II)	1
Libros	1
Total	
<hr/>	
Eventos	
Internacionales	8
Total	14

Publicaciones.

Artículos en la WoS y SCOPUS (grupo I).

Noval-Artiles, E., García-Díaz, J.R., García-López, R., Quiñones-Ramos, R., Mollineda-Trujillo, A., Munyori-Nderitu, H. 2012. Evaluación del efecto de la suplementación parenteral de cobre y un complejo de cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn) sobre la hemoquímica y la ganancia de peso en terneros. Rev electrón vet. REDVET ISSN 1695-7504. Octubre 2012. Vol. 13. Nº 10 Málaga. España. [online] Disponible URL en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101012.html>. Refernciado por SCOPUS.

García-Díaz, JR. Present status, challenges and future perspectives of the Veterinary Clinical Pathology in Cuba: experiences with the Cuban cattle genotypes (Holstein x Zebu). 16th Biennial Congress of the International Society for Animal Clinical Pathology (ISACP) 2014. University of Copenhagen, Dinamarca. 25 - 29 de junio del 2014. Proceedings. pp 46 -47. Referenciado por WoS.

Noval-Artiles, E., Garcia-Díaz, J.R.; Garcia-López, R.; Jiménez-Artiles, J. 2016. Effect of different doses of an injectable compound of Cu, Zn and Mn on bio-productive indicators of milking cows. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50 (2): 371-380. Refernciado por SCOPUS.

García Díaz, JR; Noval-Artiles, E. 2017. Efecto de la suplementación parenteral de cobre Zinc y Manganeso en el tratamiento de la papilomatosis cutánea bovina. *REDVET-Rev. Electrón. vet.* 18 (1). ISSN 1695-7504. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010117.html>. Refernciado por SCOPUS.

Artículos en BDRI (grupo II)

Noval-Artiles, E., García-Díaz .J.R., García-López, R., Quiñones-Ramos, R. y Mollineda, Trujillo, A. 2014. Caracterización de algunos componentes químicos, en suelos de diferentes agroecosistemas ganaderos. *Centro Agrícola*, 41(1): 25-31. Refernciado por SCIELO.

Libros

Título: Perfil metabólico del bovino lechero en la región central de Cuba.

Autor/es: Juan Ramón García Díaz.

Dependencia/s: Facultad Ciencias Agropecuarias; Dpto MVZ.

Formato: impreso y electrónico/112 páginas, libro:

Editorial/ año (de publicación): Editorial Académica Española (EAE)./ 2016/. AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG. Heinrich-Böcking-Straße 6-8. 66121 Saarbrücken. Alemania. **ISBN:** 978-3-8417-6395-2

Eventos

Noval-Artiles, E.; García-Díaz, J.R.; García-López, R.; Munyori-Nderitu, H.; Quiñonez-Ramos, R.; Mollineda-Trujillo, A. 2013. Caracterización del estado del Cu, Zn y Mn en suelo y pastos y su aporte al animal en ecosistemas ganaderos del municipio santa Clara. Memorias de la XXXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). Evento Internacional efectuado en el palacio de las convenciones, La Habana, Cuba. 18 y 22 de noviembre del 2013. ISBN: 976-959-7171-49-2.

García-Díaz, J.R.; Noval-Artiles, E.; Sanchez-Pereira, O.; Mollineda-Trujillo, A. 2013. Perfil mineral en hembras bovinas y su relación con la reproducción. Respuesta bioreproductiva en vacas suplementadas con microelementos. Memorias de la XXXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). Evento Internacional efectuado en el palacio de las convenciones, La Habana, Cuba. 18 y 22 de noviembre del 2013. ISBN: 976-959-7171-49-2.

Noval-Artiles, E.; García-Díaz, J.R.; García-López, R.; Quiñonez-Ramos, R.; Mollineda Trujillo, A. 2015. Efecto de la suplementación parenteral de Cu, Zn y Mn a escala productiva sobre el comportamiento bioproductivo de las hembras bovinas. Memorias de V congreso de producción Animal, 16 -20 de noviembre de 2015, La Habana, Cuba ISBN: 959-7171-70-6.

Díaz-Díaz, M.; García-Díaz, J.R. 2015. Influencia del periodo de transición sobre el perfil metabólico de vacas lecheras. Memorias de V congreso de producción Animal, 16 -20 de noviembre de 2015, La Habana, Cuba. ISBN: 959-7171-70-6.

Noval-Artiles, E., García-Díaz, J. R., García-López, R., Mollineda-Trujillo, A., Artiles-Arencibia, Y. 2016. Efecto de la suplementación de Cu, Zn y Mn, a escala productiva, sobre el comportamiento reproductivo de vacas lecheras en agroecosistema de llanura. VII Conferencia Internacional sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad (AGROCENTRO 2016), Samuel Feijó, 5-8 de abril de 2016, Santa Clara, Cuba, ISBN: 978-959-312-174-3.

Noval-Artiles, E., García-Díaz, J. R., García-López, R. y Jiménez-Artiles, J. 2016. Efecto de diferentes dosis de un compuesto inyectable de Cu, Zn y Mn sobre parámetros productivos de la vaca lechera en periodo de transición. IV Convención Internacional Agrodesarrollo 2016, del 25 al 28 de octubre 2016 Varadero, Matanzas, Cuba. ISBN 978-959-7138-23-5

García Díaz, JR; Balarezo, L.; Noval-Artiles, E; Hernández-Barreto, M.; Sapalalo, G. 2017. Estado actual y estrategias futuras en la suplementación de parenteral de microelementos en el periodo de transición de la vaca lechera. Memorias II Congreso Internacional de Agricultura y Turismo, celebrado en la Universidad Politécnica estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador. 8-10 de mayo de 2017.

1. Descripción científico-técnica detallada del resultado:

Introducción

En Cuba el 66 % de los suelos están catalogados entre muy poco productivos y poco productivos, con las siguientes limitantes: salinidad, sodicidad, erosión, mal drenaje, baja fertilidad, y bajo contenido de materia orgánica (ONEI 2007), además, los suelos destinados a la ganadería se clasifican como: Ferralíticos cuarcíticos, Amarillos lixiviados, Pardos, Escabrosos, Vérticos, Fersialíticos, Hidromorficos y Aluviales, de estos grupos el 75, 47 y 35 % presentan contenidos de minerales y pH no idóneos (Paretas 1993).

El deterioro paulatino de la base alimentaria, el mal manejo de los pastos, la reducción de la dinámica del suelo y la inexistencia de suplementación mineral, especialmente de microelementos, son condiciones objetivas para la existencia de insuficiencias minerales (Alfonso *et al.* 2007, ONEI 2007).

Las carencias de minerales traza en el sistema suelo-planta-animal son difíciles de diagnosticar a pesar de las herramientas disponibles para realizar el balance de nutrientes (Roche *et al.* 1999), sobre todo porque las tablas del valor nutritivo de los pastos y recursos forrajeros tropicales no cuentan con la caracterización de los minerales traza y los requerimientos de ellos por los animales en producción (González y Cáceres 2002), de ahí que las mismas son poco utilizadas en las unidades de producción (Senra 2005).

Las carencias de minerales del ganado bovino en pastoreo han sido reportadas en América Latina y otras regiones tropicales (Underwood y Suttle 2001, McDowell y Arthington 2005). Éstas deficiencias en especial de microelementos constituyen limitantes para la reproducción de esta especie (Alfonso *et al.* 2007).

Los microelementos participan en un conjunto de funciones vitales, muchas de ellas como componentes de importantes sistemas enzimáticos que se vinculan con la inmunidad, metabolismo y las funciones reproductivas (Pogge *et al.* 2012).

En Cuba, se diagnostican deficiencias de microelementos en diferentes regiones del país y genotipos del ganado bovino, siempre asociadas al deterioro de los indicadores de eficiencia reproductiva de los rebaños (Ruiz *et al.* 1995, Pedroso 2005, García *et al.* 2005). Posteriormente, se publican severas deficiencias de Cu y Zn en vacas lecheras en todo el país, en la región occidental (Valera *et al.* 2011, Figueredo 2016), central (García *et al.* 2010a, Noval *et al.* 2014) y oriental (Viamonte 2010a, Fajardo *et al.* 2011 y Galindo *et al.* 2014).

Los alimentos para el ganado vacuno no siempre satisfacen los requerimientos de la vaca lechera en producción y en muchas ocasiones se desconoce cuál es su aporte en minerales traza (Genther y Hansen 2014), por lo que es necesario suplementar.

La suplementación mineral por vía oral en vacas lecheras beneficia el sistema inmune del animal, el consumo de alimentos (McDowell y Arthington 2005), el metabolismo

oxidativo y energético (Spears y Weiss 2008) y la reproducción (Nemec *et al.* 2012, Valera *et al.* 2011 y Fajardo *et al.* 2013).

Esta vía tiene varios inconvenientes, entre ellos, los antagonistas como el Mo, Fe, S, Ca entre otros minerales que son aportados por los alimentos, e interfieren en la absorción y el metabolismo del Zn, Cu y Mn, (Nayeri *et al.* 2014), lo que no permite controlar el consumo de esos minerales por los animales y como consecuencia, puede presentarse las deficiencias en las vacas lecheras, aun cuando se les suministra sales minerales (Knowles *et al.* 2000).

En cuanto a la absorción de los minerales en el sistema digestivo, los metales: Fe, Cu, Zn y Mn no supera el 5 %; particularmente en el Zn, depende de su concentración en la dieta y de sustancias que interfieran con su absorción (Rubio *et al.* 2007).

Las fuentes de microelementos orgánicos tienen mayor biodisponibilidad, absorción y retención porque forman productos muy solubles y químicamente estables que resisten la digestión e interacción con antagonistas en el rumen (Arthington y Swenson 2004). La principal limitación de estos compuestos es que poseen un costo superior (Arthington 2005).

El suministro oral de Cu, Zn y Mn orgánicos favorece el funcionamiento de numerosas enzimas y proteínas celulares, mejora el comportamiento bio-productivo de la vaca lechera (Nemec *et al.* 2012, Alavi-Shoushtari *et al.* 2012), previene la mastitis y la incidencia de lesiones podales (Ballantine *et al.* 2002, Gressley 2009). No obstante, los resultados son inconsistentes para decidir cuál forma de suplemento resulta más eficaz (Gutiérrez, 2007).

La suplementación parenteral de minerales constituye una alternativa más eficaz porque evita los inconvenientes que ocurren al suministrarlos por vía oral (García *et al.* 2004).

El periodo de transición de la vaca lechera abarca un tiempo que ocurre antes y posterior al parto, momento en que los animales realizan ajustes metabólicos, adaptación del sistema digestivo y mayor predisposición a presentar deficiencias de microelementos (Ceballos *et al.* 2004, LeBlanc 2010). Además, hay una transferencia importante de Cu, Zn y Mn a la cría y a la glándula mamaria (Cedeño-Quevedo *et al.* 2011, Bhat *et al.* 2011).

Frecuentemente la suplementación oral de oligoelementos en la última etapa de la gestación y posterior a ella no supe los requerimientos de la vaca por lo que las deficiencias de microminerales e insuficiente consumo de energía pueden llegar a ser de marginales a subclínicas, por lo que comúnmente ocurre inmunosupresión (Spears y Weiss 2008).

Machado *et al.* (2013) reportaron que las vacas bajo estrés reducen su habilidad en la retención de minerales, con la reducción en plasma de la concentración de Ca y Zn, entre otros como el Cu, Se y Mn (Goff *et al.* 2002), especialmente alrededor del parto, lo que hace que el proceso de lactación sea más susceptible a enfermedades como la mastitis, metritis (Andrieu 2008), cetosis, desplazamiento de abomaso, retención de placenta, y reducción de la producción (Spears y Weiss 2008), con su consecuente impacto en el comportamiento reproductivo (Calsamiglia 2005, Andrieu 2008).

En Cuba no existen estudios concluyentes sobre la respuesta a la suplementación mineral en el denominado período de transición de la vaca lechera, no obstante, se han reportado altas las proporciones de estos animales con deficiencia sérica de Cu y Zn durante esa etapa (García 2014, Díaz y García 2015).

El periodo de transición es un momento crítico para efectuar la suplementación parenteral de microelementos deficitarios y así favorecer el comportamiento reproductivo posparto, independientemente de que se realice la suplementación sistemática por vía oral (Dubuc *et al.* 2010).

Se demostró que la administración parenteral de Cu en las hembras bovinas, incrementó la cupremia, las concentraciones de cobre en hígado, la hemoglobina y el hematocrito y mejoró el comportamiento reproductivo y productivo de las hembras bovinas lecheras (Pedroso y Roller 2004, Cuesta *et al.* 2011, Noval *et al.* 2012, García 2012a, b, Figueredo 2016); sin embargo, no se ha evaluado la suplementación de este microelemento combinado con Zn y Mn en el periodo de transición de la vaca lechera y su efecto sobre el comportamiento reproductivo.

Conocidas las limitantes del agroecosistema ganadero, que condicionan la deficiencia de Cu, Zn y Mn, la acción de estos microelementos en el mejoramiento de la actividad productiva y reproductiva en el ganado vacuno lechero y los resultados obtenidos con la administración parenteral de Cu en bovinos en pastoreo, se hace necesario realizar los estudios correspondientes para evaluar la suplementación inyectable de Cu, Zn y Mn en el periodo de transición de la vaca lechera.

Objetivo general Determinar las deficiencias de Cu, Zn y Mn en el sistema suelo-planta-animal y el efecto de la suplementación parenteral de esos microelementos en el periodo de transición de la vaca lechera sobre su comportamiento reproductivo en dos agroecosistemas de la región central de Cuba.

Objetivos específicos Determinar el contenido de Cu, Zn y Mn en el suelo y el pasto de dos agroecosistemas de la región central de Cuba.

- Caracterizar el estado orgánico del Cu, Zn y Mn, e indicadores reproductivos de vacas lecheras en dos agroecosistemas de la región central de Cuba.
- Definir la dosis adecuada de Cu, Zn y Mn y comprobar el efecto de la suplementación parenteral sobre el comportamiento reproductivo, de las vacas lecheras en el periodo de transición.
- Evaluar el costo de oportunidad de la aplicación práctica del mejor tratamiento en los diferentes agroecosistemas.

1. Caracterización de contenido de Cu, Zn y Mn en el suelo y el pasto en agroecosistemas de llanura y premontaña de la región central de Cuba.

Introducción

En el mundo las deficiencias de minerales en bovinos en pastoreo, es uno de los factores que limita los sistemas de producción; en empresas pecuarias de la región central del país se han diagnosticado altas proporciones de vacas, novillas y sementales vacunos con carencias de los mismos, dichas carencias estaban afectando la reproducción y la producción láctea (García *et al.* 2005). Esta situación coincide con estudios que demuestran que la insuficiencia de minerales en esta especie es un problema generalizado en todo el país, y causa de severos trastornos reproductivos (Pedroso *et al.* 2005), y que, según Radostits *et al.* (2007) las deficiencias de oligoelementos más difundidas en condiciones de pastoreo son las de: Cu, Se, Co, I y Zn. Rodríguez *et al.* (2008)

determinaron la disponibilidad y niveles de macroelementos del complejo suelo planta animal en una en una unidad lechera con sistema silvopastoril; sin embargo, en el caso de los microelementos resultan escasos los estudios de sus niveles en el sistema suelo-planta-animal y García *et al.* (2010a) demuestran su deficiencia en dicho complejo. 44 En la actualidad, se requiere realizar una investigación de los niveles de microelementos en suelos destinados a la ganadería y al pasto que sobre los mismos crece, con el fin de conocer el estatus mineral en diferentes agroecosistemas ganaderos, típicos de la ganadería cubana actual. Por tal razón este experimento tiene como objetivo determinar el contenido de Cu, Zn y Mn en el suelo y el pasto de diferentes agroecosistemas de la región central de Cuba.

Materiales y Métodos

Ubicación, característica y suelo predominante

La investigación se desarrolló en la región central de Cuba, se utilizó como casos de estudios cuatro unidades de producción de leche vacuna de la Empresa Pecuaria “La Vitrina” de Villa Clara, de las cuales dos pertenecen a la UBPC “Cuba-Uruguay” correspondiendo a un agroecosistema de premontaña, y las dos restantes a la UBPC “Desembarco del Granma” en un agroecosistema de llanura. Las vaquerías seleccionadas son colindantes y de similar manejo con predominio de suelos Pardos con carbonatos (Hernández *et al.* 2005).

Toma de muestras y procedimientos analíticos

Suelo

La toma de muestras se realizó según los procedimientos descritos por Rodríguez (2000). La materia orgánica se determinó mediante el método colorimétrico de Walkley y Black (citado por Jackson 1970) y el pH por el método potenciométrico, según la NRAG 878/1987; el P₂O₅ mediante fotocolimetría, por el método de Oniani (1964), y el K₂O por fotocolimetría de llama. Los minerales traza (Cu, Zn, Fe y Mn), se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica, según la NRAG 894/1988.

Pasto

Las muestras de pasto fueron colectadas entre las 9 a.m. y las 12 m, según la NRAG 559/1982. Previa determinación de la materia seca, se determinaron los minerales traza (Cu, Zn, Fe, Mn), y se evaluó por espectrofotometría de absorción atómica (Miles *et al.* 2001), en un equipo SP-9 de la firma PYE UNICAM según los procedimientos del fabricante.

Rendimiento de biomasa verde

La disponibilidad de pastos se determinó por el método de Haydock y Shaw (1975), y la composición botánica por el método propuesto por t'Mannetje y Haydock (1963), antes de la entrada y posterior a la salida de los animales del cuartón, lo que permitió estimar el consumo, de acuerdo al tiempo de ocupación de los cuartones.

Los pastos predominantes para cada agroecosistema en estudio fueron el *Paspalum notatum* Fluegge y *Dichantium annulatum* (Forssk) Stapf.

Para el cálculo de las disponibilidades y el balance de nutrientes se utilizó el paquete de programas computarizado CALRAC (Roche *et al.* 1999).

En el caso de la determinación de la disponibilidad de pasto en las áreas del *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115 se empleó la base de cálculo del método propuesto por Senra (1977) pero con parcelas de 10 m²

Para el balance de Cu y Zn se consideraron los requerimientos establecidos por la NRC (2001) y para el Mn de acuerdo a los estudios realizados por Weiss y Socha (2005).

Procesamiento estadístico

Se calcularon los estadísticos descriptivos para todas las variables; en el suelo y pasto, se empleó el paquete Statgraphis Centurion Ver. XV.II (Statistical Graphic Corp., USA) y se comparó las medias determinadas entre los periodos lluvioso y poco lluvioso de cada agroecosistema mediante una prueba de t-Student para muestras independientes.

Resultado y discusión

El resultado del análisis químico del suelo en el agroecosistema de llanura (tabla 1) ofreció valores de la Materia Orgánica de 4,94 % \pm 0,98, considerado como un valor alto para este tipo de suelo (Cairo y Fundora 2005) y superior a lo informado por Vargas *et al.* (2002) y Rodríguez *et al.* (2008) en trabajos de similar tipo de suelo. El pH de este agroecosistema se clasifica como ligeramente ácido (Cairo y Fundora 2005) y está en correspondencia con otros estudios desarrollados sobre suelos Pardos con carbonatos (Vargas *et al.* 2002 y Rodríguez *et al.* 2008).

Tabla 1. Estadística descriptiva de algunas variables químicas del suelo en las unidades investigadas en el agroecosistema de llanura (n=35).

Variable	$\bar{X} \pm DE$	IC 95%	LC*	Muestras deficientes	
				n	%
MO (%)	4,94 \pm 0,98	4,03 – 5,34	–		
pH (H ₂ O)	6,25 \pm 0,67	6,08 – 6,42	–		
P ₂ O ₅ (mg/100g)	10,96 \pm 4,42	9,85 – 12,08	15	27	79,37
K ₂ O (mg/100g)	14,46 \pm 5,10	13,10–15,81	10	4	19,30
Cu (ppm)	0,88 \pm 0,74	0,67 – 1,08	0,60	18	52,8
Fe (ppm)	19,27 \pm 9,08	16,15 – 22,39	2,50	0	0
Mn (ppm)	25,5 \pm 17,59	19,71 – 29,41	19	14	39,62
Zn (ppm)	1,99 \pm 0,79	1,77 – 2,21	2	20	58,49

*Los límites críticos (LC) de minerales en el suelo considerados deficiencias son establecidos según McDowell y Arthington (2005).

El fósforo se encontró deficiente en el 79,37 % de las muestras examinadas, con valores promedio muy bajos en relación con el límite de deficiencia de este mineral en el suelo, lo que corrobora la afirmación de que el P₂O₅ es uno de los elementos más deficitarios en los suelos ganaderos de Cuba (Crespo y Duran 1990). En cambio, la concentración media de K₂O es considerada alta (Fundora y Yepis 2000), aunque el 19,3 % de las muestras presentan valores deficientes.

Se encontraron deficiencias de Cu, Mn y Zn en el 52,8, 39,62 y 58,49 % de las muestras investigadas, respectivamente, con valores inferiores a los niveles críticos establecidos (McDowell y Arthington 2005).

Los resultados obtenidos en los porcentos de muestras deficientes del Mn y el Zn son similares a lo investigado en suelos destinados a la ganadería, en la misma región (García

2008). Los valores de Cu obtenidos en el suelo en este agroecosistema, son antagonizados por los altos niveles de materia orgánica, que forman uniones muy fuertes entre ambos, y lo hacen no asimilable para la planta (Arthington 2003).

Según Roca *et al.* (2007), la baja disponibilidad de Cu y Zn puede deberse a que éstos se encuentren atrapados en las estructuras cristalinas, o bien, adsorbidos en los coloides del suelo sin posibilidad de disponibilidad para las plantas, además, considerables cantidades de Ca^{2+} y Na^+ podría ser una de las causas del déficit en específico del Zn.

En el agroecosistema de premontaña (tabla 2) el pH del suelo se clasifica de ácido (Fundora y Yepis 2000) con el 62 % de las muestras menores a pH 5,0; estos autores plantean que a ese grado de reacción del suelo predominan los cationes H^+ y Al^{3+} ; en estas condiciones se detectó un porcentaje de muestras deficientes en K_2O (42,3 %), en cuanto al P_2O_5 la concentración es muy similar al agroecosistema de llanura.

Tabla 2. Estadística descriptiva de algunas variables químicas del suelo en las unidades investigadas en el agroecosistema de premontaña (n=40).

Variable	$\bar{x} \pm \text{DE}$	IC 95%	LC*	Muestras deficientes	
				n	%
MO (%)	2,97 \pm 0,37	2,75 – 3,17			
pH (H_2O)	5,16 \pm 0,62	4,98 – 5,33	-		
P_2O_5 (mg/100g)	9,13 \pm 5,12	7,19 – 10,54	15	34	84,9
K_2O (mg/100g)	11,97 \pm 5,05	10,57 – 13,38	10	17	42,3
Cu (ppm)	1,89 \pm 1,27	1,48 – 2,29	0,6	10	25,0
Fe (ppm)	31,44 \pm 16,34	26,21 – 36,67	2,5	0	0
Mn (ppm)	57,04 \pm 17,46	51,45 – 62,63	19	2	5,00
Zn (ppm)	2,56 \pm 1,03	2,23 – 2,89	2	10	25

*Los límites críticos (LC) de minerales en el suelo considerados deficiencias son establecidos según McDowell y Arthington (2005).

Según Bravo *et al.* (2015), el pH del suelo es considerado un buen indicador de las propiedades químicas del mismo, ya que influye directa e indirectamente en el comportamiento de los elementos minerales en el suelo (Shaheen *et al.* 2013, Teng *et al.* 2015) y su biodisponibilidad (Likar *et al.* 2015).

Shisia *et al.* (2013) plantean que la mayoría de las deficiencias minerales se hallan cuando los valores de pH en el suelo son menores de 5,5 y superiores a 6,5, y el valor de pH medio en la premontaña es de 5,16 (4,98-5,33), valores que afectaron principalmente a la disponibilidad de los macronutrientes. En el caso del P, elemento con mayor porcentaje de muestras deficientes, su solubilidad aumenta con pH menores de 5,0 y valores que tienden hacia la basicidad, además la carencia o exceso de humedad o calor disminuye el contenido de fósforo accesible en el suelo (Cairo y Fundora 2005).

Los valores de los elementos (Zn Cu Fe y Mn), mostraron diferentes porcentajes de muestras deficientes, en los agroecosistemas de llanura y premontaña, lo que pudo deberse a las características del suelo de donde fueron tomadas, tales como pH, drenaje, relieve, arrastre de las partículas de suelo, debido a la acción de las lluvias (Protano y Rossi 2014), textura (Cobo *et al.* 2013) y propiedades del suelo (Luo *et al.* 2011, Zhong *et al.* 2011, Pinto *et al.* 2014).

Las concentraciones de Fe y Mn en ambos agroecosistemas, son muy altos (Colombo *et al.* 2014). En el caso del Fe, los resultados son similares a los obtenidos en la Florida por

Kalmbacher *et al.* (2005) y pueden condicionar una deficiencia de Cu secundaria en los animales (McDowell y Arthington 2005).

En el pasto (tabla 3), se observa que la deficiencia más acentuada fue la de Cu, seguida del Mn para el agroecosistema de la llanura, mientras que, en la premontaña, el elemento de mayor porcentaje de muestras deficientes lo fue el Zn seguido del Cu y el Mn con elevados números de muestras por debajo del límite crítico, sin embargo, para el caso del elemento Fe, los porcentajes de muestras deficientes fueron muy bajos para cada agroecosistema.

Tabla 3. Estadística descriptiva de los microelementos del pasto en los dos agroecosistemas estudiados.

Variable	X ± DE	IC 95 %	LC*	Muestras	
				n	%
Agroecosistema de llanura (n= 43)					
Mn (ppm)	37,37± 6,67	35,31 - 39,42	< 40	25	58,10
Cu (ppm)	5,57±1,90	4,90 - 6,16	< 10	42	97,60
Zn (ppm)	32,40 ± 8,02	29,93 - 34,87	< 30	12	28
Fe (ppm)	54,30 ± 3,63	51,50 – 57,09	< 50	3	6,60
Agroecosistema de premontaña (n = 36)					
Mn (ppm)	24,55 ±11,11	18,63 - 30,48	< 40	29	80,50
Cu (ppm)	7,03 ± 3,44	5,20 - 8,87	< 10	32	88,80
Zn (ppm)	17,68 ± 8,22	13,30 - 22,06	< 30	34	94,40
Fe (ppm)	54,31 ± 3,96	51,30 – 57,40	< 50	2	5,55

*Los límites críticos (LC) de minerales en el pasto considerados deficiencias son establecidos según McDowell y Arthington (2005).

Las concentraciones de Fe en el suelo son generalmente altas, en cambio su disponibilidad para las plantas es muy baja, debido a la baja solubilidad de óxidos de Fe, sin embargo, los microorganismos liberan sideróforos que pueden solubilizar el Fe presente en el suelo (Colombo *et al.* 2014).

Los niveles de Cu obtenidos en este trabajo están en correspondencia con los reportados en otros estudios donde el contenido de este mineral en gramíneas tropicales ha sido deficiente, fluctuando entre 3,5 y 6,2 ppm (McDowell y Valle 2000, McBride y Cherney 2004, Ndebele *et al.* 2005), aunque en el caso de la premontaña presentó el valor de 7,03 ± 3,44.

Los bajos tenores de Mn en el pasto de ambos agroecosistemas, aun cuando el suelo de los mismos contiene elevadas concentraciones de este microelemento, pudo estar dado por los niveles del pH (6,25 y 5,16 en la llanura y la premontaña, respectivamente).

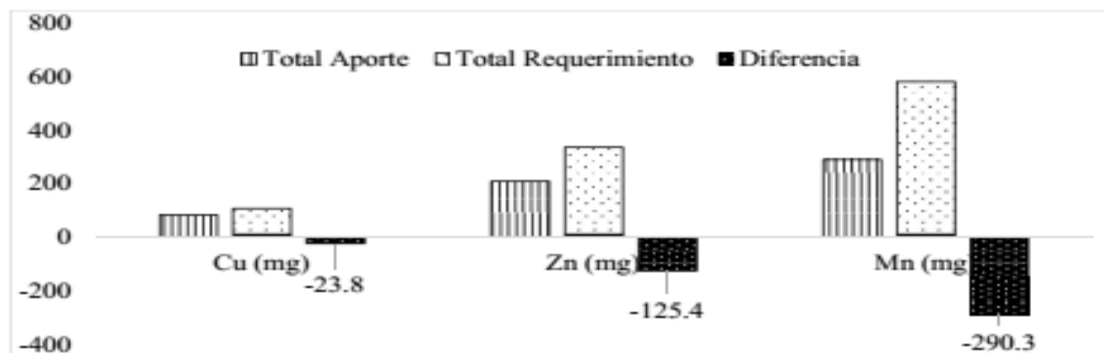
Está demostrado que a pH entre 5,5 - 6,5 la mayor parte del Mn se encuentra como MnO₂, que es insoluble, y para su asimilación por las plantas y debe ser reducido a formas solubles (Depablos *et al.* 2009).

En cuanto al Cu existen altos porcentajes de muestras deficientes en ambos agroecosistemas; Vázquez (1992) y García (2008) encontraron el 100 % de las muestras deficientes, en la región central; Gutiérrez y Savon (2006) hallaron adecuados contenidos de Cu en los pastos de la región occidental. El Mn y Zn se corresponden con los reportes de García *et al.* (2010a).

Balance alimentario de los microelementos

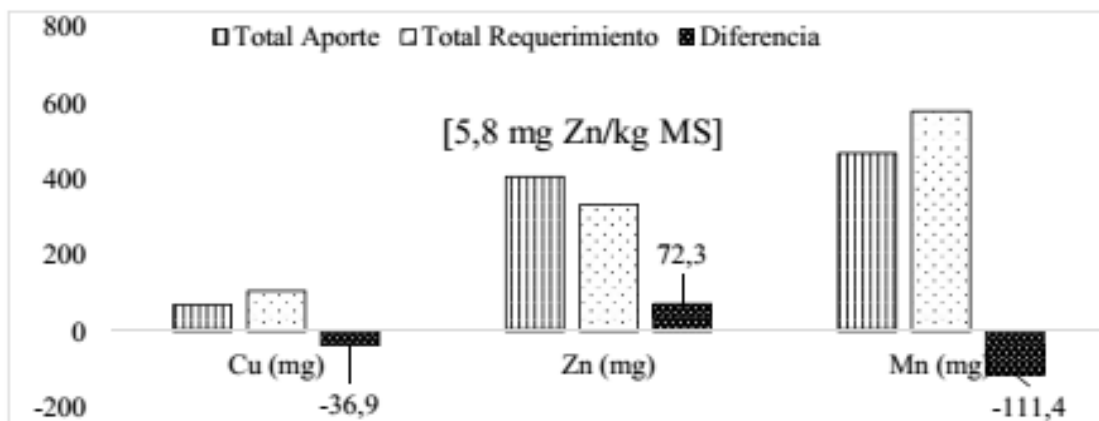
En el balance de los microelementos en el agroecosistema de premontaña (figura 1), existió un déficit de 23,8, 125,4 y 290,3 mg de Cu, Zn y Mn, respectivamente, similares resultados encontraron Fajardo (2009) y Viamonte *et al.* (2010b) en la región oriental de Cuba.

Figura 1. Balance de los microelementos estudiados en el agroecosistema de premontaña.



Al realizar el balance de nutrientes en el agroecosistema de llanura (figura 2), el aporte de Zn por el pasto cubrió los requerimientos, así el porcentaje de muestras carentes de ese elemento en la hierba fue de tan solo un 28 % (tabla 3), sin embargo, la concentración de acuerdo al consumo de materia seca (MS) es de 5,8 mg Zn/kg MS.

Figura 2. Balance de los microelementos estudiados en el agroecosistema de llanura.



En este sentido la NRC (2001) plantea que las dietas que contienen 35 mg Zn/kg MS proveen el 90 % de las concentraciones de ese elemento en sangre y leche, además facilitan la respuesta de la fosfatasa alcalina durante la lactación. Con respecto al Mn y al Cu, las deficiencias fueron de -114,4 y -36,9 mg, respectivamente. Por tanto, en ninguno de los agroecosistemas se satisface los aportes de los elementos traza estudiados y por su valor el orden de deficiencia para el agroecosistema de montaña fue de Mn en primer lugar, seguido del Zn y el Cu; y en las unidades pecuarias de la llanura fue el Mn y el Zn.

2. Caracterización del estado metabólico y los indicadores reproductivos de vacas lecheras.

Introducción

La naturaleza del suelo juega un papel importante en la disponibilidad de los nutrientes (Roca *et al.* 2007), así quedó demostrado en las marcadas limitaciones y carencias en los componentes suelo, pasto y su repercusión en los aportes de los microelementos a las vacas de ambos agroecosistemas; a su vez los elementos traza actúan como cofactores, activadores enzimáticos o estabilizadores de la estructura molecular (Galindo *et al.* 2014), sus carencias afectan el comportamiento animal.

Los perfiles metabólicos reflejan el equilibrio entre el ingreso, salida y metabolización de los nutrientes en los diferentes tejidos. En este equilibrio homeostático están involucrados complejos mecanismos metabólicos hormonales (Quintela *et al.* 2011), que pueden incurrir en afectaciones del rendimiento zootécnico (Wittwer 2000).

La gran variabilidad de pruebas cualitativas y cuantitativas que se realizan son orientadas hacia el perfil mineral del suero sanguíneo y de las reservas en los tejidos; estado del balance ácido-básico; función del hígado; estado del metabolismo proteico y de la energía de la dieta (Bouda *et al.* 2005).

En las condiciones actuales de producción de la ganadería bovina en Cuba y teniendo en cuenta las marcadas deficiencias de los minerales en estudio, en los componentes suelo-pasto, documentadas en el experimento anterior, se requiere caracterizar el estado metabólico de los animales en rebaños con desórdenes reproductivos.

Por ello el objetivo de este experimento fue caracterizar el estado orgánico de Cu, Zn y Mn, e indicadores reproductivos de vacas lecheras en dos agroecosistemas de la región central de Cuba.

Materiales y Métodos

La ubicación de los rebaños, el régimen de alimentación y manejo, están descritos en materiales y métodos del primer punto. El experimento se desarrolló durante el año 2010.

Se seleccionó una muestra representativa de los rebaños la cual consistió en 49 animales en el agroecosistema de llanura y 63 en la premontaña.

En ambos agroecosistemas se estudiaron los principales indicadores hematoquímicos; para la determinación de las reservas hepáticas de Cu, Zn y Mn, fueron sacrificados cinco animales de cada unidad. El estudio de los perfiles hepáticos se evaluó en el agroecosistema de llanura.

Metodologías para la determinación de los indicadores sanguíneos, hepáticos y reproductivos

Toma de muestras de sangre

Las muestras de sangre se tomaron por venopuntura de la yugular (5 mL), se utilizaron tubos de ensayo con anticoagulantes (EDTA) a una concentración de 1 mg/mL de sangre, previamente tapados y esterilizados. Las muestras para los análisis bioquímicos en suero sanguíneo se tomaron por el mismo método en tubos de ensayo sin anticoagulante, esterilizados y desmineralizados; se depositó en ellos una cantidad de 10 mL de sangre; las mismas se centrifugaron a 2 500 gravitatoria durante 10 minutos, y se obtuvo el suero sanguíneo, el que se almacenó a -10 °C hasta su análisis

Toma de muestras hepáticas

Las muestras de hígado se obtuvieron de animales que fueron sacrificados en un matadero bovino de la provincia de Villa Clara mediante insensibilización eléctrica y posterior desangrado por sección de la vena yugular. Dentro de los 15 minutos posteriores al sacrificio de los animales se obtuvieron muestras del borde ventral del lóbulo derecho (15 cm³), previa inspección general de la víscera para descartar alguna alteración. Las muestras se conservaron a -10 °C hasta el análisis.

Las proteínas totales y la albúmina se determinaron por el método de Biuret (Soderman et al. 1987) en un espectrofotómetro ultravioleta visible GENESYS 6 (Thermo electron corporation, USA), así como la glucosa, colesterol, triglicéridos; en todos los casos según los procedimientos del fabricante y la utilización de kits comerciales. Las globulinas por la diferencia aritmética de la proteína total menos la albúmina (Kaneko *et al.* 2002).

Condición Corporal

La condición corporal (CC) se diagnosticó por inspección clínica y clasificándola en la escala de 1-5 puntos (Parker, 1989).

Análisis de los indicadores reproductivos

Se analizó la situación reproductiva por los procedimientos recomendados por Brito (2010), y se evaluó el Intervalo Parto-Primera Inseminación (IPPI), Intervalo Parto Gestación (IPG), Intervalo Parto-Parto (IPP) y el Índice de Inseminación (II).

Procesamiento estadístico de los resultados

Se calcularon los estadígrafos descriptivos para todas las variables, la comparación de los indicadores reproductivos entre vaquerías, dentro de cada agroecosistema; se utilizó una prueba de t-Student para muestras independientes. Para estudiar la influencia de los principales factores que determinan la eficiencia reproductiva del rebaño, se realizó un análisis de componentes principales, a partir de una matriz de correlaciones de 21 filas (n) y de 16 columnas (los valores de cada variable). Para el procesamiento de los resultados, se emplearon los paquetes estadísticos Statgraphis Centurion Ver. XV.II (Statistical Graphic Corp., USA) y SPSS ver. 20.0.

Resultados y Discusión

Caracterización del estado metabólico de los animales en el agroecosistema de llanura.

El perfil energético y proteico de las hembras bovinas estudiadas en el agroecosistema de llanura (tabla 6), muestra que los valores promedio de la glucosa, se encuentran por encima del límite crítico de los valores fisiológicos de referencia para la especie (Álvarez 2001), esto significa una adecuada concentración energética de la ración (Campos *et al.* 2007), y se corresponde con el satisfactorio estado de CC de los animales investigados.

Tabla 6. Estadística descriptiva del perfil energético y proteico general de las hembras bovinas investigadas en el agroecosistema de llanura

Variables	LC*	Unidad 3 (n = 19)		Unidad 4 (n = 30)	
		$\bar{x} \pm DE$	% D	$\bar{x} \pm DE$	% D
C.C.	3	3,1 \pm 0,52	5,2	3,08 \pm 0,45	18,5
Col. (mmol/L)	2,75	3,66 \pm 0,44	0	3,79 \pm 0,74	0
Glu. (mmol/L)	2,53	3,45 \pm 0,50	0	3,37 \pm 0,42	0
TG. (mmol/L)	0,88	1,34 \pm 0,53	0	1,21 \pm 0,44	0
P.T. (g/L)	70	59,18 \pm 4,61	100	64,42 \pm 6,13	64
Alb. (g/L)	30	29,30 \pm 2,70	52,6	27,44 \pm 3,83	60
Glob. (g/L)	35	29,87 \pm 2,55	100	36,98 \pm 3,24	100
Hb. (g/L)	90	85,4 \pm 11,41	47,3	86,40 \pm 12,30	56,6
Hto. (L/L)	0,29	0,29 \pm 0,03	47,3	0,27 \pm 0,03	63,3
Eri. ($\times 10^{12}$)	5	5,14 \pm 0,46	36,8	5,29 \pm 0,57	23,3

*los límites críticos establecidos fueron: Col, Glu., TG., Pt., Alb. y Glob. (Álvarez 2001); Hb, Hto (Wintrobe 1971) %D: deficientes

En ambas vaquerías los valores de colesterol son superiores al valor óptimo, los que según Reist *et al.* (2002) se asocian a una mayor síntesis de hormonas esteroides, entre ellas estrógenos y progesterona, lo cual estaría asociado a un adecuado comportamiento reproductivo (Francisco *et al.* 2003), sin embargo, estados carenciales de Cu y Zn (tabla 7) afectarían la producción de progesterona por las células luteales (Iqbal *et al.* 2013). Tomando en consideración los valores fisiológicos de referencia establecidos en Cuba (Álvarez, 2001) el 100 y 64 % de los animales presentaron deficiencias en proteínas totales; 52,6 y 60 % de albúmina y 100 % de globulinas en las unidades tres y cuatro respectivamente.

El perfil mineral en suero sanguíneo, se aprecia en la tabla 7, los porcentajes de muestras deficientes más acentuados son las de K, Zn, Cu y Fe con el 80,0, 80,0, 73,3 y 53,0 %, respectivamente, para la unidad tres, y en la unidad cuatro, fueron las de Cu (85,1 %), Zn (74,0 %) y Fe (44,0 %).

Tabla 7. Estadística descriptiva del perfil mineral en suero sanguíneo y tejido hepático de las de las hembras bovinas investigadas en el agroecosistema de llanura

Variables	LC*	Unidad 3 (n = 19)		Unidad 4 (n = 30)	
		$\bar{x} \pm DE$	% D	$\bar{x} \pm DE$	% D
Ca (mmol/L)	2,23	2,31 \pm 0,08	6,60	2,27 \pm 0,07	33,3
Mg (mmol/L)	0,78	0,89 \pm 0,08	6,67	0,92 \pm 0,07	0
Na (mmol/L)	131	137,06 \pm 1,48	0	137,2 \pm 3,62	7,4
K (mmol/L)	4,12	3,82 \pm 0,41	80,0	4,37 \pm 0,33	29,6
Cu (μ mol/L)	11,77	11,03 \pm 0,78	73,3	10,95 \pm 0,66	85,1
Zn (μ mol/L)	12,62	11,96 \pm 0,74	80,0	12,36 \pm 0,49	74,0
Fe (μ mol/L)	18,31	18,17 \pm 0,62	53	18,27 \pm 1,01	44
Niveles de microelementos en tejido hepático (n=5)					
Variables	LC*	$\bar{x} \pm DE$	% D	$\bar{x} \pm DE$	% D
Cu (ppm)	75	69,11 \pm 14,57	40	74,91 \pm 7,11	60
Mn (ppm)	6	6,32 \pm 0,59	40	6,06 \pm 0,53	40
Zn (ppm)	160	152,58 \pm 11,87	80	156,64 \pm 7,26	60

*Los límites críticos fueron establecidos para los minerales en suero sanguíneo y en el hígado según Radostits *et al.* (2007) y McDowell y Arthington (2005). %D: deficientes

Situación similar se observa en la hemoglobina, 47,3 y 56,6 % y hematocrito 47,3 y 63,3 % de las muestras con valores patológicos en las unidades tres y cuatro, respectivamente, que indican la presencia del síndrome anémico de tipo microcítica e hipocrómica, en una alta proporción de las hembras investigadas.

Sin embargo, los resultados del proteinograma deben ser analizados con cautela porque los valores utilizados como límite crítico, aunque fueron obtenidos en Cuba, se basan en determinaciones realizadas en rebaños Holstein, con sistemas de manejo y alimentación basados en el uso de concentrados y otros suplementos de minerales y vitaminas.

Los resultados del proteinograma del presente trabajo, están en correspondencia con estudios desarrollados en condiciones similares de producción (Figueredo 2007), lo que sugiere que no existen deficiencias proteicas reales en los rebaños estudiados y que se hace necesario establecer los parámetros de referencia para los genotipos Holstein x Cebú (H x C) ampliamente difundidos en la ganadería cubana.

Perfil hematoquímico en el agroecosistema de premontaña

La tabla 8 evidencia el perfil hepato y hematoquímico de las hembras bovinas en el agroecosistema de premontaña, esta mostró que, en el 72,7 y 86 % de los animales investigados fueron hipocupremicos y el 60,6 y 60 % manifestaron hipocinquemia en las unidades 1 y 2, respectivamente.

Tabla 8. Estadística descriptiva del perfil hepato, hematoquímico y condición corporal (CC) de las hembras bovinas en el agroecosistema premontaña

Variables	LC*	Unidad 1 (n =33)		Unidad 2 (n =30)	
		$\bar{x} \pm DE$	% D	$\bar{x} \pm DE$	% D
Ca (mmol/L)	2,23	2,42 \pm 0,13	6,06	2,26 \pm 0,06	16
Mg (mmol/L)	0,78	0,88 \pm 0,06	3,03	0,89 \pm 0,08	33
Na (mmol/L)	131	136,78 \pm 5,07	3,03	135,64 \pm 4,76	20
K (mmol/L)	4,12	4,50 \pm 0,35	6,06	4,47 \pm 0,36	13
Cu (μ mol/L)	11,77	10,63 \pm 1,41	72,70	10,75 \pm 1,12	86
Zn (μ mol/L)	12,62	12,64 \pm 1,49	60,6	12,74 \pm 1,34	60
Fe (μ mol/L)	18,31	18,03 \pm 3,17	57,50	19,48 \pm 1,84	26
Hb (g/L)	90	111,87 \pm 10,99	3,03	107,3 \pm 10,77	10
Hto (L/L)	0,29	0,34 \pm 0,03	3,03	0,33 \pm 0,03	16
CC	3	3,2 \pm 0,45	6,3	3,05 \pm 0,35	12,3
Niveles de microelementos en tejido hepático (n = 5)					
Cu (ppm)	75	52,85 \pm 9,33	100	57,32 \pm 18,85	100
Mn (ppm)	6	6,22 \pm 0,40	60	6,14 \pm 0,91	40
Zn (ppm)	160	170,80 \pm 12,61	40	161,04 \pm 7,56	60

*Los límites críticos fueron establecidos para los minerales en suero sanguíneo García (2008) en el hígado según Radostits et al. (2007) y McDowell y Arthington (2005). %D: deficientes

En tejido hepático, el 100 % de los animales presentaron bajas reservas de Cu en ambas unidades y en el Zn y el Mn se evidenció que como mínimo el 40, y hasta el 60 % de las vacas presentaron valores inferiores al límite crítico, en ambas unidades.

Los porcentajes de muestras deficientes en Cu están en concordancia con trabajos realizados en la zona centro sur de Villa Clara (García 2008, García *et al.* 2010a), en la oriental de Cuba (Fajardo 2009, Viamonte 2010a, Galindo *et al.* 2014), y ligeras deficiencias de Zn en vaquerías del Instituto de Ciencia Animal (Valera *et al.* 2011).

Este estudio muestra que independiente del sistema de producción y la zona geográfica se reportan deficiencias de macro y microelementos en momentos críticos de la vida productiva de la vaca.

Las carencias que se presentan en ambos agroecosistemas tienen su causa en el bajo contenido de los microelementos en el suelo y el pasto, situación hallada en condiciones similares por García *et al.* (2010a), estos autores señalan una correlación negativa y altamente significativa entre las concentraciones de Cu y Fe en tejido hepático, que no puede ser transportado hacia los tejidos. Esta situación obedece a que el Cu es indispensable para la síntesis de ceruloplasmina, enzima responsable de oxidar el Fe del estado ferroso al estado férrico para que pueda ser metabolizado (Thomas y Oates 2003) y, por tanto, se presenta la hipoferropenia y anemia diagnosticada en el presente trabajo. Al mismo tiempo de la deficiencia primaria de Cu en el sistema suelo planta animal, los altos contenidos de Fe encontrados en el suelo en ambos agroecosistemas (tablas 1 y 2) pueden conducir a una deficiencia de Cu secundaria en los animales; el Fe es un potente antagonista del Cu y se sabe qué forma sulfuro de Fe (FeS) en el rumen, que más tarde se disuelve en el abomaso y forma entonces CuS, que es insoluble (Underwood y Suttle 2001). Por otra parte, los bovinos durante el pastoreo muchas veces desprenden las raíces del pasto e ingieren cantidades considerables de suelo propiciando una elevada ingesta de Fe (McDowell y Arthington 2005). Brem *et al.* (2002), Picco *et al.* (2004), García *et al.* (2010a), Fajardo (2009), Viamonte (2010a), señalan a las deficiencias de Cu y Zn como responsable del pobre desempeño reproductivo de los rebaños bovinos. También el Mn se ha asociado a desórdenes de la reproducción y la salud de los bovinos (McDowell y Arthington 2005).

Caracterización de los indicadores reproductivos de los rebaños en ambos agroecosistemas.

Los principales indicadores reproductivos en el agroecosistema de llanura (tabla 9) mostraron un marcado deterioro, peor a los parámetros de referencia para el bovino lechero en condiciones ideales de producción (Wattiaux 1996, Álvarez 1997). El 73,3 y 92,3 % de las vacas presentaron IPP superior 395 días y el IPG difirió ($P < 0,05$) entre las unidades.

Tabla 9. Principales indicadores reproductivos evaluados en vacas en el agroecosistema de llanura (\pm EE).

Indicadores	Unidad 3	Unidad 4
IPPI (días)	154,6 \pm 6,63	162,3 \pm 6,0
IPG(días)	200,7 ^b \pm 20,5	179,8 ^a \pm 5,20
IPP (días)	481,6 \pm 20,4	461,8 \pm 5,20
II	2,1 \pm 0,25	1,6 \pm 0,10

a, b medias con letras diferentes en los superíndices en la misma columna en las vacas indican diferencias estadísticas significativas $P < 0.05$ (t-Student para muestras independientes).

Según los resultados de los componentes principales en el agroecosistema de llanura (tabla 10), se extrajeron tres componentes o variables ficticias que representan el 18,75 % del total, sin embargo, explican el 74,86 % de la varianza total del estado reproductivo de los rebaños de este agroecosistema.

Tabla 10. Factores que determinan la eficiencia reproductiva en el agroecosistema de llanura

Componentes	Variables	Coeficiente	Auto valor	% Varianza	
				Explicada	Acumulada
1	Cu sérico	- 0,86	6,13	38,32	38,32
	Cu hepático	- 0,83			
	IPPI	0,76			
	IPG	0,98			
	IPP	0,98			
2	II	0,86	3,51	21,93	60,25
	Na	0,78			
	Hto	0,82			
	Hb	0,78			
	Mn hepático	0,74			
3	Ca	-0,72	2,33	14,60	74,86
	Mg	-0,77			
	Zn Sérico	0,70			
	Zn Hepático	0,73			

El primer componente que influyó en la eficiencia reproductiva, explica el 38,32 % de la varianza, y estuvo determinado por los niveles séricos y hepáticos de Cu y de los propios indicadores reproductivos, le siguieron en orden de importancia los componentes representados por las carencias de Na, Hb, Hto y Mn en tejido hepático (21,93 %), y las deficiencias en suero sanguíneo de Zn, Ca, Mg y de Zn hepático (14,60 %).

En el agroecosistema de premontaña (tabla 11), la situación es similar a la encontrada en el de llanura y el 84,3 y 63,3 % de las vacas presentaron IPP superior a los 395 días. En este agroecosistema también se apreciaron diferencias estadísticas significativas $P < 0,05$ en el IPG entre las dos unidades; las que pudieron estar motivadas en ambos escenarios por el estado mineral de los animales, que tienen mayores deficiencias de Cu, Zn y Mn en la unidad 1 (tablas 7 y 8).

Tabla 11. Principales indicadores reproductivos evaluados en las vacas del agroecosistema de premontaña (\pm EE).

Indicadores	Unidad 1	Unidad 2
IPPI (días)	172,3 \pm 9,00	151,5 \pm 8,87
IPG(días)	217,8 \pm 9,26 ^a	173,0 \pm 10,26 ^b
IPP (días)	498,5 \pm 9,31	455,2 \pm 12,14
II	1,9 \pm 0,12	1,6 \pm 0,18

a, b medias con letras diferentes en los superíndices en la misma fila indican diferencias estadísticas significativas $P < 0,05$ (t-Student para muestras independientes).

Los indicadores reproductivos evaluados en este trabajo, en ambos agroecosistemas, son menos eficientes que los reportados para el genotipo racial Siboney de Cuba, en sistemas de silvopastoreo (Reinoso *et al.* 2005), pero están en correspondencia con los obtenidos en similares condiciones de producción (García 2008, García *et al.* 2010a, Hernández *et al.* 2011). La similitud o falta de correspondencia pueden deberse a las diferencias en los sistemas de producción entre los estudios.

En el agroecosistema de premontaña (tabla 12), la extracción de componentes principales mostró una mayor correlación entre las variables estudiadas en comparación con el de llanura, de 16 variables consideradas, se seleccionaron tres componentes (18,75 % del total) que explican el 93,48 % de la varianza total del estado metabólico y reproductivo de los animales de este agroecosistema.

Tabla 12 Factores que determinan la eficiencia reproductiva en el agroecosistema de premontaña.

Componentes	Variables	Coeficiente	Auto valor	% Varianza	
				Explicada	Acumulada
1	Zn sérico	0,78	6,76	39,77	39,77
	Cu sérico	0,99			
	IPPI	-0,96			
	IPG	-0,96			
	IPP	-0,96			
	Hto	0,82			
2	Na	0,88	5,65	33,27	73,05
	K	0,79			
	Cu hepático	-0,99			
	Zn hepático	-0,89			
	Mn hepático	-0,91			
	II	0,71			
3	CC parto	-0,81	3,47	20,43	93,48
	CC	-0,81			

El primer componente que influyó en la eficiencia reproductiva estuvo determinado por los niveles séricos de Cu y Zn, y de los propios indicadores reproductivos y explica el 39,77 % de la varianza, siguiéndole en orden de importancia los componentes representados por las reservas hepáticas de Cu, Zn y Mn y las concentraciones séricas de Na y K (33,27 %), más el II. El tercer componente, relacionado con el metabolismo energético y representado por la condición corporal al parto, explica el 20,43 % de la varianza.

El comportamiento reproductivo es similar en ambos agroecosistemas, pese a tener diferentes sistemas de manejo y una base alimentaria cuantitativa y cualitativamente inferior en la premontaña, estos resultados sugieren que las deficiencias de microelementos, como se muestra en el primer experimento, pueden ser las responsables del deterioro de los indicadores reproductivos, pues se trata de un problema común para ambos escenarios, en el sistema suelo planta animal.

Aunque el comportamiento reproductivo de los animales, se afecta por las deficiencias de energía (Butler 2000) y proteínas (López-Gatius *et al.* 2001), los resultados de este trabajo, especialmente de la extracción de los componentes principales, se puede afirmar que el deterioro de los indicadores reproductivos anteriores, son el reflejo de los bajos niveles de microelementos en suero sanguíneo y tejido hepático fundamentalmente; que a su vez son una consecuencia de las carencias de estos minerales en el suelo y el pasto de los agroecosistemas estudiados, lo que coincide con (McDowell y Arthington 2005), quienes consideran que el factor más limitante, es el que dicta la productividad.

3. Determinación de las dosis adecuadas de Cu, Zn y Mn por vía parenteral para vacas lecheras en el periodo de transición.

Introducción

El parto y el comienzo de la lactación han sido asociados a la reducción en plasma de las concentraciones de Ca y Zn (Goff *et al.* 2002). Otros minerales pudieran estar carentes durante ese periodo; con el consecuente riesgo de metritis, mastitis, problemas de locomoción que ocurren cuando los niveles de Cu, Zn y Mn son marginales o deficientes, (Andrieu 2008, Bradford *et al.* 2015, Yasui *et al.* 2013) por lo que se afecta la fertilidad de la vaca lechera (Rabiee *et al.* 2010, Nayeri *et al.* 2014).

Se han estudiado diferentes mezclas inyectables de microelementos con diferentes concentraciones, sin detallar un análisis previo del estado de los minerales en el suelo, la planta y el animal (Arthington y Havenga 2012, Machado *et al.* 2013, 2014, Rodríguez y Ruiz 2015, Ganda *et al.* 2016).

La suplementación parenteral de minerales reduce las interacciones que ocurren durante la digestión y absorción de los mismos, evitan el antagonismo mineral e incrementan sus reservas orgánicas en el animal (Pogge *et al.* 2012).

En la región central de Cuba existe la experiencia de la administración de Cu inyectable cada dos meses hasta completar tres aplicaciones (García *et al.* 2012a, b), sin embargo, se desconoce cuál sería la dosis adecuada al utilizar ese elemento químico con el Zn y el Mn.

El estado orgánico del Cu, Zn y Mn, mostró en el anterior experimento importantes porcentajes de muestras deficientes, en el perfil sanguíneo y tejido hepático de ambos agroecosistemas, con su repercusión en los indicadores reproductivos y su eficiencia.

Por lo que el objetivo del presente experimento fue definir la dosis adecuada de Cu, Zn y Mn y el efecto de la suplementación parenteral sobre el comportamiento reproductivo, de las vacas lecheras en el periodo de transición.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó durante el periodo poco lluvioso (noviembre-mayo) de 2011 en una lechería del agroecosistema de llanura, cuya ubicación y régimen de manejo, están descritos en materiales y métodos del primer punto.

En las áreas del pasto *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115, se encontraban asociadas las siguientes leguminosas: *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey, *Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb. y *Teramnus labialis* (L.f.) Spreng.

La tabla 3.0 muestra la composición de los minerales traza evaluados en los alimentos. A los animales se les suministró de forma fija 2,4 kg MS de granos de destilería solubles (DDGs) y urea (0,08 kg MS).

Tabla 13. Concentración de los microelementos en los alimentos ofertados a los animales en estudio.

Alimento	CMS (kg)	MS (%)	Cu (ppm/kg MS)	Zn (ppm/kg MS)	Mn (ppm/kg MS)
DDGs	2,40	87	7,6	55	15,8
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Cuba CT-115	6,77	22	21,6	36,5	27,4
<i>Neonotonia wightii</i>	0,45	27	12,7	16,2	28
<i>Macroptilium</i> <i>atropurpureum</i>	0,61	27	10,7	15	30
<i>Teramnus labialis</i>	0,33	25	13,7	12,8	29

Los requerimientos nutricionales de Cu y Zn se determinaron a partir de la NRC (2001), y el Mn por Weiss y Socha (2005); se tomó el valor medio de producción para la lactancia entre 70 y 100 días de los animales que se encontraban en los tratamientos (C) 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn y (D) 75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn.

Diseño experimental

Se utilizaron 28 vacas del genotipo racial Holstein x Cebú con ocho meses de gestación, seis a siete años de edad, condición corporal (CC) de tres a cuatro en la escala de cinco puntos (Parker 1989), entre tercera y cuarta lactancia, con una producción láctea previa de $11,8 \pm 1,2$ L/vaca/día.

Se conformaron aleatoriamente cuatro grupos de siete animales; los tratamientos consistieron en un grupo control (A) al cual no se le aplicó la suplementación parenteral de los elementos en estudio, y los otros tres grupos recibieron la suplementación de: (B) 25 mg de Cu, 50 mg de Zn y 25 mg de Mn; (C) 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn y (D) 75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn.

Todos los animales presentaban deficiencia sérica de Cu y Zn, según lo descrito por McDowell y Arthington (2005) (concentraciones inferiores a 11,77 y 12,62 $\mu\text{mol/L}$, de Cu y Zn, respectivamente). La carencia de Mn se estableció considerando la deficiencia de este microelemento en suelo y pasto, diagnosticada en el rebaño de estudio (experimento uno de esta investigación), que junto con la baja eficiencia reproductiva de los animales son suficientes para concluir sobre la deficiencia de este mineral (McDowell y Arthington 2005).

A todos los animales se les realizó una dinámica de la cupremia y la cinquemia antes y cada 15 días posterior a la administración de los tratamientos, durante dos meses y se determinó la máxima concentración sérica de Cu y Zn, así como el tiempo de declinación de estos valores. A los 60 días se realizó un muestreo final, para determinar la aparición o no de hipocupremia e hipocinquemia dentro de este periodo.

Se evaluó la eficacia de la suplementación con microelementos, sobre los niveles hepáticos de Mn, para ello se utilizaron 10 animales con iguales criterios de inclusión que los descritos anteriormente, divididos en dos grupos experimentales de cinco vacas cada uno; un grupo utilizado como control y el otro suplementado con el tratamiento más eficaz de los utilizados en el experimento anterior (tratamiento C: 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn). Los animales fueron sacrificados a los 15 días de aplicado el producto, coincidiendo con el pico de cupremia y cinquemia determinado en la etapa anterior.

Técnicas y procedimientos empleados para el cálculo de los indicadores sanguíneos, hepáticos y reproductivos.

La toma de muestras de suero sanguíneo y tejido hepático, su conservación, procesamiento y las determinaciones de Cu, Zn y Mn se realizaron según lo descrito en materiales y métodos del punto número dos.

Los indicadores reproductivos (IPPI, IPG, IPP, índice de inseminación (II) y el porcentaje de gestaciones al primer servicio se determinaron por los procedimientos descritos en materiales y métodos del punto número dos.

Se realizó pesaje de la producción individual de leche mensualmente, mediante el uso de una pesa tipo dinamómetro graduada en kilogramo y certificada.

Procedimiento estadístico

Para comparar las concentraciones de Cu y Zn en suero sanguíneo, entre los diferentes grupos en cada muestreo; los indicadores reproductivos (IPPI, IPG, IPP e II) y la producción láctea en cada pesaje se realizó un análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA), utilizándose la prueba de Duncan (1955) para comparar las medias, en los casos que existieron diferencias significativas, previa verificación de la homogeneidad de varianza.

La comparación de las reservas hepáticas de microelementos se realizó mediante una prueba de t-Student para muestras independientes. Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico Statgraphis Centurion Ver. XV.II (Statistical Graphic Corp., USA).

Resultados y Discusión

El balance de los minerales en estudio (tabla 14) muestra que solo el Cu cumple y excede los requerimientos de las vacas en producción de entre 70 y 100 días de lactancia y a las que se le aplicó la dosis de 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn; sin embargo, estudios realizados por Fortes *et al.* (2012) plantean que existe un incremento significativo del contenido de la pared celular y la lignina, posterior a los 75 días de reposo, aspecto que influye en la digestibilidad del follaje; entre otros factores que según Valenciaga *et al.* (2009) afectan la digestibilidad invitro de la materia seca (DIVMS).

Tabla 14. Balance de los minerales en estudio.

Alimento	CMS	Cu	Zn	Mn
		(ppm)		
DDGs	2,40	18,24	132	37,92
<i>Pennisetum purpureum</i> cv.	6,77	146	247	185
<i>Neonotonia wightii</i>	0,45	5,7	7,3	12,6
<i>Macroptilium</i>	0,61	6,5	9,1	18,3
<i>Teramnus labialis</i>	0,33	4,5	4,2	9,6
Total aporte		180,94	396,6	263,42
Requerimiento		130	495	580,4
Diferencia		+ 50,94	- 98,4	- 316,98

El DDGs contiene entre el 40-50 % de proteína de fácil fermentación en rumen (Tjardes y Wright 2002) y la urea el 100 % de su proteína tiene igual característica; esto unido a

que tan solo una concentración de S en la dieta superior a 0,3 % facilita la formación de sulfuros, que al combinarse con Cu forman CuS, compuesto altamente insoluble que no puede ser absorbido (Rosa y Mattioli 2002). Por lo que, existen una serie de aspectos del pasto utilizado, que afectan la DIVMS, más factores del metabolismo del rumen, que inciden en la digestibilidad de los nutrientes, entre ellos el Cu.

En la tabla 15, se observa recuperación de las concentraciones sanguíneas de Cu ($P < 0.05$) por encima de los parámetros fisiológicos (Álvarez, 2001 y McDowell y Arthington, 2005) en los tratamientos: 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn y 75 mg de Cu 150 mg de Zn y 75 mg de Mn a los 15, 30 y 45 días con respecto al grupo control y 25 mg de Cu, 50 mg de Zn y 25 de Mn.

Tabla 15. Efecto de la suplementación parenteral de diferentes concentraciones de microelementos sobre los niveles sanguíneos de Cu, expresados en $\mu\text{mol/L}$.

Tratamientos	Días posteriores al tratamiento				
	0	15	30	45	60
A	10,75	10,78 ^c	10,17 ^c	10,98 ^b	10,95 ^b
B	10,92	11,97 ^b	11,45 ^b	11,32 ^b	11,20 ^{ab}
C	11,03	13,90 ^a	13,51 ^a	12,34 ^a	11,53 ^a
D	10,75	14,26 ^a	13,37 ^a	12,42 ^a	11,57 ^a
± EE	0,17	0,20	0,27	0,20	0,11

a, b letras no comunes en los superíndices dentro de la misma columna indican diferencias significativas $P < 0,05$ (Duncan, 1955). A: Control. B: 25 mg de Cu, 50 mg de Zn y 25 de Mn. C: 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn. D: 75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn. EE: error estándar.

Los valores de cinquemia (tabla 16) fueron superiores a los valores fisiológicos (12,62 $\mu\text{mol/L}$) de referencia (McDowell y Arthintong 2005) a los 15, 30 y 45 días en los tratamientos de 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn y 75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn, estos difirieron a $P < 0.001$ de los demás grupos evaluados.

Tabla 16. Efecto de la suplementación parenteral de diferentes concentraciones de microelementos sobre los niveles sanguíneos de Zn, expresados en $\mu\text{mol/L}$.

Tratamientos	Días posteriores al tratamientos				
	0	15	30	45	60
A	12,22	12,22 ^b	11,69 ^b	11,75 ^b	11,77
B	12,19	12,45 ^b	12,99 ^b	12,45 ^b	12,19
C	12,38	14,84 ^a	15,15 ^a	13,14 ^a	12,09
D	12,44	15,15 ^a	15,05 ^a	13,33 ^a	12,31
± EE	0,17	0,21	0,16	0,21	0,19

a, b letras no comunes en los superíndices dentro de la misma columna indican diferencias significativas $P < 0,05$ (Duncan, 1955). A: Control. B: 25 mg de Cu, 50 mg de Zn y 25 de Mn. C: 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn. D: 75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn. EE: error estándar.

Las concentraciones de microelementos en tejido hepático (tabla 17) tuvieron diferencias estadísticas en los niveles de Zn ($P < 0,05$) y en los de Cu y Mn ($P < 0,001$) a favor de los animales tratados con el compuesto inyectable de estos microelementos.

Tabla 17. Comportamiento de las concentraciones de Cu, Zn y Mn en tejido hepático de los animales tratados por vía parenteral con 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn.

Variables	Grupos			± EE
	LC	Control	Tratado	
Cu (ppm)	75	57,55	202,93	12,67***
Zn (ppm)	160	165,7	253,72	19,48*
Mn (ppm)	6	5,17	10,97	0,27***

* $P < 0,05$, *** $P < 0,001$ según (t-Student), EE: desviación estándar, LC: Límite crítico

Las concentraciones de Zn y Cu en hígado en esta investigación están en correspondencia con lo señalado por Underwood y Suttle (2001), Rosa y Mattioli (2002), McDowell y Arthington (2005) y Rosa *et al.* (2008) que señalan que el Zn hepático fluctúa entre 100 a 400 mg/kg de base seca y el Cu oscila entre 200 y 300 mg/kg.

El comportamiento de los indicadores reproductivos (tabla 18) de los animales se vio favorecido por los tratamientos 50 mg de Cu, y 100 mg de Zn y 50 mg de Mn y 75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn; así el IPPI, IPG e IPP se redujeron significativamente ($P < 0,05$), con respecto al grupo control y de menor concentración; no así en el II, sin embargo, éste tendió a disminuir con el incremento de las dosis, lo que concuerda con el trabajo realizado por Khorsandi *et al.* (2016).

Los animales bajo el tratamiento control, las concentraciones sanguíneas siempre estuvieron por debajo del valor de referencia, aspecto que repercute en la eficiencia de los indicadores reproductivos para esos casos.

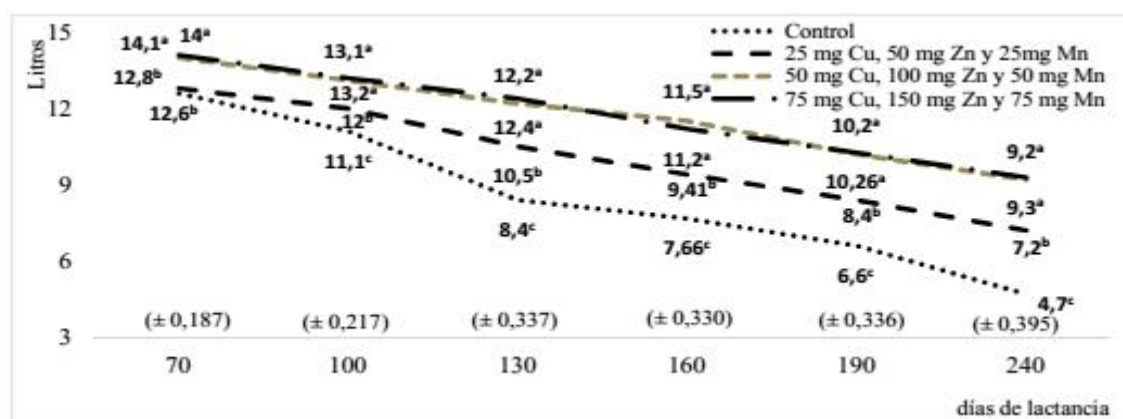
Tabla 18. Efecto de la suplementación parenteral de diferentes concentraciones de microelementos sobre los principales indicadores reproductivos.

Índices Reproductivos	Tratamientos				± EE
	A	B	C	D	
IPPI (días)	179,00 ^b	168,00 ^b	128,6 ^a	114,42 ^a	8,89
IPG (días)	211,00 ^b	201,00 ^b	139,50 ^a	136,00 ^a	11,31
IPP (días)	490,60 ^b	484,62 ^b	420,62 ^a	417,00 ^a	11,26
II (U)	2,00	1,75	1,50	1,42	0,29

a, b letras no comunes en los superíndices dentro de la misma fila indican diferencias significativas $P < 0,05$ (Duncan, 1955). A: Control. B: 25 mg de Cu, 50 mg de Zn y 25 de Mn. C: 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn. D: 75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn. EE: error estándar.

Los tratamientos C y D logran mejorar estadísticamente los indicadores reproductivos evaluados; según Barui *et al.* (2015), los aumentos de las concentraciones sanguíneas de Zn incrementan significativamente la hormona GnRH que a su vez facilita una mayor concentración de la FSH y la Progesterona, en comparación con vacas repetidoras que presentaron menor valor, del anterior microelemento, en sangre.

Las medias de producción de leche de los grupos tratados con: 50 mg de Cu, 100 mg de Zn, y 50 mg de Mn y 75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn no difieren significativamente entre ellos, pero si con el grupo control y el suplementado con 25 mg Cu, 50 mg Zn y 25 mg de Mn (figura 3).



(a, b) medias con superíndice difiere estadísticamente entre momentos de lactancia a $p < 0,05$ (Duncan, 1955).

Figura 3. Efecto de las diferentes dosis del suplemento mineral sobre la producción de leche ($EE \pm$)

El aumento significativo en la producción láctea de los grupos suplementados con: 50 mg de Cu, 100 mg de Zn, 50 mg de Mn y 75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn sobre el grupo control y el de menor dosis aplicada (B) se vio favorecida por el incremento significativo en las concentraciones sanguíneas de Cu y Zn (tabla 15 y 16) y hepáticas (tabla 17) que provoca la suplementación empleada.

Los incrementos en la producción láctea, aumentan los requerimientos minerales. Esto acentúa las deficiencias marginales de microelementos, afectan el funcionamiento de numerosas enzimas y proteínas que involucran a diferentes procesos fisiológicos, bioquímicos y metabólicos, y afectan el consumo y digestibilidad de los alimentos, reducen la resistencia e incrementan la susceptibilidad a enfermedades. Todo ello contribuye a disminuir el potencial productivo (Iqbal *et al.* 2013).

El periodo de transición de la vaca lechera, aumenta los requerimientos de Cu, Zn y Mn (ARC 1980 y NRC 2001) y es el momento más adecuado para suplementarlos. Resultados similares a los de este experimento se obtuvieron con la administración de 50 mg de Cu por vía parenteral en las hembras bovinas, a los ocho meses de gestación. La misma produjo un incremento de la cupremia, las inmunoglobulinas, disminuyó la mastitis y favoreció el comportamiento reproductivo posparto (Figueredo 2016).

4. Efecto de la mejor dosis parenteral de Cu, Zn y Mn sobre los principales indicadores reproductivos de las vacas lecheras en la región central de Cuba.

Introducción

En el segundo experimento de esta investigación, se confirman las carencias de Cu, Zn y Mn en la vaca lechera, asociadas a un marcado deterioro del comportamiento reproductivo; posteriormente, en el tercer estudio, se concluye que la dosis más eficaz (50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn), aplicada a partir de los ocho meses de gestación y cada dos meses hasta los 90 días de lactancia, restablece las concentraciones séricas y hepáticas de esos microelementos y favorece el comportamiento reproductivo.

Por lo que el objetivo de este trabajo fue comprobar el efecto de la suplementación parenteral de Cu, Zn y Mn en el periodo de transición de las vacas lecheras sobre sus principales indicadores reproductivos en los agroecosistemas objeto de estudio.

Materiales y Métodos

Diseño experimental

El experimento se desarrolló durante el periodo lluvioso (junio-noviembre) de 2013, en cuatro unidades de producción de los agroecosistemas de llanura y premontaña, dos de cada uno.

Se seleccionaron 120 vacas, 60 de cada agroecosistema, del genotipo racial H x C, gestantes, con deficiencias de Cu, Zn y Mn; determinadas según los criterios descritos en materiales y métodos del experimento tres de este trabajo. Los animales se dividieron aleatoriamente formando dos grupos de 30 animales por cada agroecosistema (A y B).

En ambos agroecosistemas el grupo A fue utilizado como control y el B fue tratado con la dosis más eficaz, determinada en el experimento anterior de esta investigación, 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn.

Dosis de microelementos y frecuencia de administración de la suplementación

La primera administración de los minerales traza se efectuó a los ocho meses de gestación, y se repitió la misma cada dos meses hasta completar tres aplicaciones (30 y 90 días post parto). Para establecer la frecuencia de administración se tomaron como criterios preliminares los resultados obtenidos por García (2008).

Se evaluó el efecto de la suplementación con minerales traza sobre: los niveles séricos de microelementos, la hematología y la condición corporal (CC). Al inicio y a los 30 días posteriores al último tratamiento, se comparó estos indicadores, entre ambos momentos, en cada grupo. También se evaluó y comparó los principales indicadores reproductivos (IPPI, IPG, IPP e II).

Toma de muestras y procedimientos analíticos

La toma de muestras de sangre para los análisis hematológicos y el perfil mineral, así como la determinación de estos indicadores, la CC, los índices reproductivos, detección de celos e inseminación artificial se realizó según lo descrito en materiales y métodos del primer experimento.

Procesamiento estadístico

Se calculó los estadísticos descriptivos para todas las variables. Se realizó la comparación de los niveles de minerales en suero sanguíneo, tejido hepático y los indicadores reproductivos antes y después del tratamiento entre ambos grupos empleó para ello la prueba de t-Student para muestras independientes. En estos procesamientos se utilizó el paquete estadístico Statgraphis Centurion Ver. XV.II (Statistical Graphic Corp., USA).

Resultados y Discusión

Efectos de la suplementación en el agroecosistema de llanura

En la tabla 19, la terapéutica utilizada, en el agroecosistema de llanura, incrementó los niveles de Zn y la condición corporal ($P < 0,05$) y los de Cu, Fe, Hb y Hto ($P < 0,001$), lo que confirma el efecto beneficioso de esta suplementación.

Tabla 19. Niveles de microelementos y los indicadores hematoquímicos evaluados al inicio y final del experimento en las vacas del agroecosistema de llanura.

Variables	Momento	Grupos		±EE
		Control (n=30)	Tratado (n=30)	
Cu (μmol/L)	Inicial	11,20	11,33	1,45
	Final	11,54	14,37	1,66***
Zn (μmol/L)	Inicial	12,20	12,51	1,59
	Final	12,98	14,98	1,80*
Fe (μmol/L)	Inicial	18,10	18,60	2,38
	Final	18,31	21,11	2,54***
Hb, (g/L)	Inicial	87,5	84,15	11,07
	Final	100,83	126,53	14,67***
Hto, (L/L)	Inicial	0,26	0,26	0,03
	Final	0,32	0,40	0,045***
Erit, (x10 ¹²)	Inicial	5,32	5,14	0,67
	Final	5,30	5,10	0,66
CC	Inicial	2,95	3,1	0,39
	Final	3,04	3,5	0,42*

* $P < 0,05$, *** $P < 0,001$ (t-Student).

El incremento significativo de los niveles de Fe en sangre tiene correspondencia con la recuperación de la cupremia; debido al aumento de las concentraciones de ceruloplasmina (CP) que contiene más del 95 % del Cu presente en la sangre, la cual aumenta la actividad ferroxidasa con incremento del Fe (Aguilar 2002).

La suplementación de 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn tuvo un efecto beneficioso sobre los principales indicadores reproductivos de las vacas tratadas, en ellas hubo una reducción significativa del IPPI, IPG e IPP ($P < 0,05$), no así en el II, ni en el porcentaje de gestaciones al primer servicio en comparación con los controles (tabla 20).

Tabla 20. Comportamiento de los principales indicadores reproductivos en las vacas suplementadas con 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn a partir de los 8 meses de gestación en el agroecosistema de llanura

Variables	Grupos		±EE
	Control (n=30). \bar{X}	Tratado(n=30). \bar{X}	
IPPI (días)	167,42	136,38	9,46*
IPG (días)	177,42	146,07	9,11*
IPP (días)	459,52	428,07	8,21**
II	1,71	1,46	0,17
Gestaciones al primer servicio	58,47	68,96	

* ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$) según (t-Student).

Efecto de la suplementación en el agroecosistema de premontaña

El estudio demostró que la suplementación de 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn por vía parenteral, incrementa los niveles de los microelementos y los indicadores hematológicos y la condición corporal (tabla 21).

Tabla 21. Niveles de microelementos y los indicadores hematológicos evaluados al inicio y final del experimento en vacas lecheras en el agroecosistema de premontaña.

Variables	Momento	Grupos		±EE
		Control (n=30)	Tratado (n=30)	
Cu (μmol/L)	Inicial	10,58	10,52	1,92
	Final	10,76	12,93	2,16***
Zn (μmol/L)	Inicial	12,09	12,33	2,22
	Final	12,58	15,15	2,52***
Fe (μmol/L)	Inicial	19,08	18,33	3,41
	Final	19,11	19,89	3,55
Hb (g/L)	Inicial	110,53	108,6	19,9
	Final	108,19	118,35	20,65***
Hto (L/L)	Inicial	0,33	0,33	0,06
	Final	0,35	0,37	0,06*
CC	Inicial	3,00	3,10	0,55
	Final	3,02	3,35	0,061***

* $P < 0,05$, *** $P < 0,001$ (t-Student).

Al inicio del estudio, en ambos grupos y agroecosistemas las concentraciones séricas de Zn y Cu se encontraban deficientes. Los incrementos de estos microelementos en suero sanguíneo aumentaron ($P < 0,01$) la CC de los animales, esto refleja la energía de reserva y disponible en el animal (Reinoso y Simón 2000). Ambos microelementos están implicados en el metabolismo energético.

El Cu es co-factor de la enzima terminal de la cadena respiratoria, la citocromo-c-oxidasa (CCO), que cataliza la transferencia de cuatro electrones al O₂ para formar dos moléculas de agua y ATP, y participa en la obtención de energía (Gebhard *et al.* 2001; Heron *et al.* 2001), por lo que en animales con hipocupremia se afecta el metabolismo energético y la CC. Al respecto se reportó una correlación positiva y significativa entre ésta y la cupremia (Suttle 1986, Cuesta *et al.* 2003).

La secreción de piruvatocinasa en las células β del páncreas es dependiente de Zn. Ella participa en la glucólisis y su actividad se encuentra limitada por la insulina, por lo cual se asume que existe un compromiso del metabolismo energético del animal durante la deficiencia de Zn (Tubek (2007, Evans *et al.* 2008).

La carencia de Zn, afectan hormonas de importancia metabólica como el factor de crecimiento, semejante a la insulina tipo 1 (IGF-1), ésta a su vez media la actividad de la hormona del crecimiento, y el neuropéptido Y, que liberado desde el hipotálamo modula el apetito del animal (Levenson 2003) y las hormonas tiroideas que ajustan el metabolismo basal (Evans *et al.* 2008).

La suplementación de 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn mejoró significativamente los indicadores reproductivos: (IPPI, IPG, IPP e II) y superior porcentaje de gestaciones al primer servicio ($P < 0,05$) en comparación con el grupo control (tabla 22).

Tabla 22. Comportamiento de los principales indicadores reproductivos en las vacas del agroecosistema premontaña suplementadas con 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn a partir de los ocho meses de gestación.

Variables	Grupos		±EE
	Control (n=30)	Tratados (n=30)	
IPPI (días)	157,00	115,63	7,71**
IPG (días)	206,24	126,45	15,67**
IPP (días)	487,85	405,38	15,65**
II (días)	1,93	1,29	0,13*
Gestaciones al primer servicio (%)	51,81	77,51*	

* (p< 0,05), ** (p< 0,01) según (t-Student).

La mejora de los indicadores reproductivos pudo deberse al incremento de la CC en los animales suplementados con los microelementos, esta refleja un mayor nivel de reservas energéticas, lo que a su vez resulta en una mayor secreción de insulina que estimula la producción y liberación de GnRH y LH.

Butler (2000) y Bach (2001) coinciden con que el restablecimiento de la actividad ovárica ocurre cuando se produce el cambio del balance energético, de negativo a positivo, con el aumento de los niveles de insulina, IGF-1, leptina y LH, estradiol (E2) y la producción de folículos dominantes destinados a la ovulación (Morrison *et al.* 2001), aspecto que influye en el mejoramiento de los indicadores reproductivos del grupo tratado, con respecto al grupo control (tablas 4.2 y 4.4).

Consideraciones generales.

Las deficiencias de Cu, Zn y Mn en el componente suelo de los agroecosistemas de llanura y premontaña pueden ser consecuencia, de sus propiedades químicas, físicas y biológicas (McDowell y Arthington 2005, Luo *et al.* 2011, Zhong *et al.* 2011, Cobo *et al.* 2013, Pinto *et al.* 2014).

Según Roca *et al.* (2007), la baja disponibilidad de Cu y Zn puede deberse a que éstos se encuentren atrapados en las estructuras cristalinas, o bien, adsorbidos en los coloides del suelo sin posibilidad de estar disponible para las plantas. Además, el grado de reacción del suelo es otro factor que influye (Rodríguez *et al.* 2008).

El bajo pH del suelo en el agroecosistema de llanura pudo estar dado porque durante el periodo lluvioso las bases del suelo, entre ellas el K₂O, son removidas por el agua, se hacen deficientes en ambos agroecosistemas, provocan que disminuya el valor del pH en el periodo lluvioso, y que los elementos sean menos disponibles para los pastos (Fancelli 2006). Aspecto que se acentúa en la premontaña, no por la diferencia entre épocas, sino por el relieve propio de esa zona, que mantiene bajo grado de reacción del suelo, en ambos periodos climáticos.

Las carencias de Cu, Zn y Mn en el suelo repercuten en la concentración de esos elementos en el pasto (McDowell y Arthington 2005). En la presente investigación, se diagnosticaron deficiencias edáficas de estos microelementos en ambos agroecosistemas, las que son más acentuadas en la premontaña, donde el mineral más carente fue el Zn y después de este el Cu y el Mn, por ese orden. En la llanura el elemento con mayor porcentaje de muestras deficientes fue el Cu, seguido del Mn y el Zn.

El valor de pH de 5,16 en la premontaña afecta la absorción por las plantas de los minerales, entre ellos el Cu, Zn y Mn; este último microelemento pasa a la forma insoluble

(MnO₂) y no asimilable (Depablos *et al.* 2009). Además, la biodisponibilidad de los minerales traza, depende del estado de oxidación, humedad, temperatura, materia orgánica, grado de reacción y la actividad biológica promovida por los microorganismos del suelo (Gadd 2010, Yang *et al.* 2012, Bravin *et al.* 2012, Pinto *et al.* 2014).

Las deficiencias de nutrientes que se encontraron en los pastos naturales coinciden con lo señalado por Fajardo (2009), García (2009), Gutiérrez (2010) y Galindo *et al.* (2014), quienes realizaron estudios del estado mineral en las regiones occidental, central y oriental de Cuba. Al respecto, Garmendia (2007) plantea que en ambiente tropical existen limitaciones climáticas y de suelo, que imponen severas restricciones nutricionales a los pastos naturales que se desarrollan sobre ellos.

En Cuba los estudios sobre los efectos de las carencias de los principios inmediatos en las hembras bovinas en pastoreo, demuestran que existen alternativas para solucionar las deficiencias de proteína (Reinoso *et al.* 2005, Vargas 2008) y energía (Cuartas *et al.* 2013), pero las mismas no solucionan las insuficiencias minerales, que son consideradas factor limitante del desempeño reproductivo de los rebaños lecheros (Alfonso *et al.* 2007). El balance de nutrientes en la presente investigación demostró que el consumo de materia seca estuvo afectado en ambos agroecosistemas. En la llanura no existen deficiencias ni de energía, ni proteína, ni Ca y P; sin embargo, en la premontaña los principios carentes fueron la EM y el P. En este agroecosistema el déficit energético es más marcado porque el relieve ocasiona en los animales un mayor gasto por locomoción.

El déficit de EM en la premontaña afectó el consumo en 2,62 kg MS. En las vacas en transición, la ingestión de MS es uno de los puntos críticos a tener en cuenta y se encuentra influenciada por el balance energético negativo (Calsamiglia 2005, Roche *et al.* 2009). En tal sentido, se plantea que la falta de energía siempre suele estar acompañada de carencias en proteína, minerales y en algunos casos de vitaminas (Pérez-Infante 2010). En esta investigación los microelementos en estudio no cubren los requerimientos en el agroecosistema de premontaña, donde el Mn fue la mayor carencia, seguido de Zn y Cu. En el agroecosistema de la llanura el Mn se mantiene también como el más carente, seguido del Cu, y aunque el Zn cubrió los requerimientos, no deja de ser deficitario ya que su concentración en el alimento consumido se encuentra por debajo de 35 mg Zn/kg MS.

Las deficiencias de Cu, Zn y Mn limitan la productividad (McDowell y Arthington 2005). El déficit acentuado de estos minerales en la zona de estudio, provoca deterioro de la situación reproductiva de los rebaños, con altos periodos interpartales y bajos índices de natalidad en las vacas.

Las carencias de Cu, Zn y Mn en el sistema suelo-pasto en ambos agroecosistemas, no cubren los requerimientos de estos microelementos en las vacas y provocan deficiencias en suero sanguíneo y tejido hepático en los animales. La hipocuprosis pudo ser la responsable del síndrome anémico diagnosticado, fundamentalmente en la llanura.

Aun cuando existen deficiencias moderadas de Fe en las vacas, la hipocuprosis, limita la síntesis de ceruloplasmina (Cp), que impide la oxidación del Fe²⁺ para que pueda ser transportado por la transferrina hasta los tejidos hematopoyéticos para la síntesis de hemoglobina (Rosa *et al.* 2008). Según estos autores en la deficiencia de Cu disminuye la acción de la Cp como antioxidante plasmático.

Durante las deficiencias de Cu, Zn y Mn aumenta el estrés oxidativo, que causa muerte embrionaria temprana en vacas y otros problemas reproductivos; estos microelementos son parte estructural del superóxido dismutasa (SOD), el que actúa como principal

antioxidante intracelular (Rosa *et al.* 2008). El incremento de las concentraciones de especies reactivas de oxígeno (ROS), es uno de los factores que conducen a la inhibición de la esteroidogénesis y/o inducción de la apoptosis (Márquez *et al.* 2011).

Las deficiencias de Cu, Zn y Mn pueden ser la causa principal que incide en el deterioro de los indicadores reproductivos en ambos agroecosistemas (tabla 2.1 y 2.2) ya que sus concentraciones séricas y hepáticas están dentro de los componentes principales extraídos y que determinan la varianza del estado metabólico y reproductivo.

Los propios indicadores IPPI, IPG, e IPP se incluyen en el primer componente en ambos agroecosistemas, con coeficientes superiores al de los microelementos en estudio; esto puede estar motivado porque unos son consecuencia del otro y entre el IPG e IPP solo media la duración de la gestación, que es un proceso fisiológico con muy poca variabilidad entre individuos de la misma especie (González–Stagnaro 2002), por lo que se confiere mayor importancia a Cu, Zn y Mn.

Debido al estado carencial de los microelementos en estudio en el sistema suelo-planta-animal, los inadecuados indicadores reproductivos en las hembras investigadas, y que las deficiencias de Cu, Zn y Mn pueden ser la causa principal el deterioro de esos microelementos se inicia el tratamiento correctivo de la deficiencia de estos minerales, por vía parenteral.

En ambos agroecosistemas se demostró que 50 mg Cu, 100 mg Zn y 50 mg Mn, fue la dosis más eficaz y que administrada a los 8 meses de gestación y cada 60 días hasta completar tres aplicaciones, permitió restaurar las concentraciones séricas de esos microelementos, hasta los valores normales de referencia, con un pico de los mismos a los 15 días de efectuada la suplementación y durante 45 días la cinquemia y 60 días la cupremia.

Con esta dosis y frecuencia también se incrementaron las reservas hepáticas de Cu, Zn y Mn, el Fe sérico, el hematocrito y la hemoglobina, y se mejoró el comportamiento reproductivo; en el agroecosistema de llanura se mejoró significativamente el IPPI, IPG, y el IPP, al igual que en la premontaña, donde además se benefició el índice de inseminación (II).

La estimación económica debido a la suplementación parenteral con 50 mg Cu, 75 mg Zn y 50 mg Mn en 1000 vacas lecheras manifestó ganancia por vaca favorables en ambos agroecosistemas, pero con 502,97 CUP de diferencia a favor de los animales de la premontaña, lo cual pudo deberse a que en ese escenario el desbalance mineral fue mayor, y por tanto los animales manifestaron mejor respuesta reproductiva.

A la luz de los resultados obtenidos en esta investigación donde se demostró que en los agroecosistemas estudiados hay elevadas deficiencias de Cu, Zn y Mn en el sistema suelo-planta-animal, que el estado carencial de estos microelementos estuvo asociado a la ineficiencia de los principales indicadores reproductivos de la vaca lechera. La suplementación parenteral durante el periodo de transición favoreció su comportamiento reproductivo; con lo que se considera corroborada la hipótesis de trabajo y se acepta el objetivo general que se planteó.

CONCLUSIONES GENERALES

El Cu y el Zn constituyen los microelementos más deficitarios en el componente herbáceo con valores porcentuales del 97,6 y 94,4, en los agroecosistemas de llanura y premontaña, respectivamente.

En el agroecosistema de premontaña no se cubren los requerimientos de ninguno de los microelementos estudiados, mientras que en el de llanura solo se satisface el requerimiento de Zn aun cuando su concentración Zn por kilogramo de materia seca estuvo por debajo del valor recomendado.

En ambos agroecosistemas las deficiencias séricas y hepáticas de Cu, Zn y Mn constituyen uno de los componentes que determinan la eficiencia reproductiva en el 74,86 % de la varianza acumulada en la llanura y el 93,48 % en la premontaña.

La suplementación parenteral de 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn a partir de los 8 meses de gestación cada 60 días hasta los 90 días pos parto, resultó ser la más eficaz para restablecer los niveles orgánicos de estos microelementos y redujo el IPP en 82 y 31 días en la premontaña y llanura, respectivamente, de las vacas lecheras en transición.

RECOMENDACIONES GENERALES

Introducir a escala productiva, en agroecosistemas típicos de la ganadería bovina en Cuba, la suplementación parenteral de Cu, Zn y Mn en el periodo de transición de la vaca lechera.

Implementar esta metodología de trabajo para el diagnóstico y corrección de las enfermedades carenciales y metabólicas de los rebaños bovinos.

Ensayar a escala experimental y productiva la suplementación del Cu, Zn y Mn por vía parenteral en otras categorías bovinas y especies animales de interés económico en las condiciones cubanas.

Utilizar este documento para consulta en la enseñanza de pre y posgrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agricultural Research Council. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Slough, England: Commonwealth Agricultural Bureaux.
2. Aguilar-Pérez, F. 2002. Ceruloplasmina y metabolismo del hierro: sus implicaciones en la hemocromatosis, la enfermedad de Wilson y la aceruloplasminemia. Rev Clin Esp, (12):649-51.
3. Alavi-Shoushtari S. M., Asri S. R., Mozghan, P., Sajad. A. y Roya A. A. K. 2012. Copper and zinc concentrations in the uterine fluid and blood serum during the bovine estrous cycle. Veterinary Research Forum. 3 (3) 199 – 203. Disponible: <www.vrfuuir.com> [Consultado: marzo11, 2013].
4. Alfonso, A., Figueroa, A., García, T., Rodríguez, I. y Donatién, M. 2007. Influencia de la época, momento del servicio post-parto y eficiencia del celaje sobre el comportamiento reproductivo del Siboney de Cuba. Memorias del Vi Congreso de Ciencias Veterinarias, Palacio de las Convenciones, La Habana, Cuba. CD-ROM 978-959-282-047-3.

5. Álvarez, J.L. 2001. Bioquímica nutricional y metabólica en el trópico. Ediciones Universidad de Antioquia. Primera Edición, ISBN: 958-655-081-8. Medellín, Colombia: 1-28.
6. Álvarez, J.L., 1997. La condición corporal de la hembra bovina. *Rev. Salud Animal*. 19 (1):37 – 45.
7. Andrieu, S. 2008. Is there a role for organic trace element supplements in transition cow health? *The Veterinary Journal*, 176: 77–83.
8. Arthington, J. 2003. Mineral antagonisms may influence copper deficiencies. *Feedstuffs*, 75 (24): 11 - 17.
9. Arthington, J.D. 2005. Effects of copper oxide bolus administration or high-level copper supplementation on forage utilization and copper status in beef cattle. *J. Animal Sci*, 83:2894
10. Arthington, J.D. y Havenga, J.L. 2012. Effect of injectable trace minerals on the humoral immune response to multivalent vaccine administration in beef calves. *J Anim Sci*, 90:1966-1971. doi: 10.2527/jas
11. Arthington, J.D. y Swenson, C.K. 2004. Effects of trace mineral source and feeding method on the productivity of grazing Braford cows. *Prof. Anim. Sci*, 20: 155-161.
12. Bach, A. 2001. La reproducción del vacuno lechero: Nutrición y Fisiología. XVII Curso de Especialización. Avances en nutrición y alimentación animal. FEDNA. Purina, España.
13. Ballantine, H. T., Socha, M. T., Dplacan, Tomlinson, D. J., Johnson, A. B., Fielding, A. S., Shearer, J. K. y Van Amstel, S. R. 2002. Effects of feeding complexed to zinc, manganese, copper and cobalt to late gestation and lactating dairy cows on claw integrity, reproduction, and lactation performance. *Prof. Anim; Sci*. 18:211–218.
14. Barui, A., Batabyal, S., Ghosh, S., Debjani Saha y Saibal Chattopadhyay. 2015. Plasma mineral profiles and hormonal activities of normal cycling and repeat breeding crossbred cows: A comparative study. *Veterinary World*, EISSN: 2231-0916.
15. Bhat, M.S, Shaheen, M, Zaman, M, Muhee, A. 2011. Mineral Inter-relationship among Soil, forage and Dairy cattle in Kashmir, India. *Vet. World*, Vol.4 (12):550-553
16. Bouda, J., Gutiérrez, Ch.A., Salgado, H.G., Kawabata, G.K.K. 2005. Monitoreo, diagnóstico y prevención de trastornos metabólicos en vacas lecheras. Disponible: <<http://www.fmvz.unam.mx/bovinotecnia/BtRgCliG005.pdf>> [Consultado: junio 6, 2006].
17. Bradford, J.B., Yuan, K., Farney, K.J., Mamedova, K.L., y Carpenter, J.A. 2015. Invited Review: Inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame. *J. Dairy Sci*. 98:6631–6650. Disponible: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9683>> [Consultado: abril 4, 2016].
18. Bravin, M.N., Garnier, C., Lenoble, V., Gerard, F., Dudal, Y., y Hinsinger, P. 2012.
19. Bravo, S., Amorós, J.A., Pérez-de-los-Reyes, C., García, F.J., Moreno, M.M., Sánchez-Ormeño, M. e Higuera, P. 2015. Influence of the soil pH in the uptake and bioaccumulation of heavy metals (Fe, Zn, Cu, Pb and Mn) and other elements (Ca, K, Al, Sr and Ba) in vine leaves, Castilla-La Mancha (Spain). *Journal of Geochemical Exploration*. Article in Press 1-5.
20. Brem, J.J., Mestre, J., Pochon, D.O. y Trulls, H.E., 2002. Alteraciones del ciclo estral provocadas por un alto ingreso de molibdeno en vaquillonas Brangus y respuesta a la suplementación con cobre. *Rev. Vet*. 12 (1): 28-33.
21. Butler, W.R. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science*. 60-61: 449-456.

22. Cairo. C. P., Fundora, H.O. 2005. Edafología. Primera Parte. Editorial Félix Varela II. La Habana. Cuba: 265. ISBN: 959-13-0209-6
23. Calsamiglia S. 2005. Nuevos avances en el manejo y alimentación de la vaca durante el parto. XVI Curso de Especialización FEDNA. Universidad Autónoma de Barcelona.
24. Campos, R., Cubillos, Carolina y Rodas, Ángela. 2007. Indicadores metabólicos en razas lecheras especializadas en condiciones tropicales de Colombia. Acta Agron, 56 (2): 85-92.
25. Ceballos, A., Villa, N., Betancourth, Tania E y Roncancio, Diana. 2004. Determinación de la concentración de calcio, fósforo y magnesio en el parto de vacas lecheras en manizales, Colombia. Rev Col Cienc Pec, 17 (2): 125-133.
26. Cedeño-Quevedo, D.A., Ceballos-Márquez, A., Garzón, Catalina, Daza-Bolaños, Carmen A. 2011. Estudio Comparativo de Perfiles Metabólicos Minerales en Lecherías de dos regiones de Nariño. Revista Orinoquia, 15 (2): 160-168.
27. Cobo Vidal Yakelin, Angarica, B.A., Martín, G.G., Villazón, G.J y Serrano, G.A. 2013.
28. Colombo, C., Palumbo, G., Zheng, H. J., Pinto, R. y Cesco, S. 2014. Review on iron availability in soil: interaction of Fe minerals, plants and microbes. Journal of Soils and Sediments 14: 538-548.
29. Crespo, G., Duran, J.L. 1990. Vías para disminuir el déficit de fertilizantes y la erosión de los suelos. Seminario científico internacional XXV aniversario del Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba: 32
30. Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tarazona, A.M y Barahona, R. 2013. Uso de la energía en bovinos pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* y su relación con el desempeño animal. Rev CES MedZootec; Vol 8 (1): 70-81.
31. Cuesta, M., Cuesta, Axis., Gil, L. y García, J.R. 2003. Condición corporal de las vacas lecheras y su relación con indicadores productivos, de reproducción, de la calidad de la leche y parámetros de bioactividad ruminal y sanguíneos. Segunda conferencia internacional sobre desarrollo agropecuario y sostenibilidad Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
32. Cuesta, M.M., García, D.J., Silveria, P.E., Pino, G.Y. 2011. Administración parenteral de un compuesto con cobre, zinc y manganeso en vacas lecheras. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504 Volumen 12 Número 2. ISSN 1695- 7504
33. Depablos, L., Godoy, S., Chicco., C.F y Ordeñez, J. 2009. Nutrición mineral en sistemas ganaderos de las sabanas centrales de Venezuela. Zootecnia Trop., 27(1): 25-37
34. Díaz-Díaz, M., García-Díaz, J.R. 2015. Influencia del periodo de transición sobre el perfil metabólico de vacas lecheras. Memorias de V Congreso de Producción Animal, 16 -20 de noviembre de 2015, La Habana, Cuba ISBN: 959-7171-70-6.
35. Disponibilidad de Cobre, Zinc y Manganeso en suelos de importancia agrícola. Revista
36. Dubuc, J., Duffield, T.F., Leslie, K.E., Walton, J.S., LeBlanc, S.J., 2010. Definitions and diagnosis of postpartum endometritis in dairy cows. Journal of Dairy Science 93, 5225–5233.
37. Duncan, D.B. 1955. Multiple ranges and multiple F test. Biometrics 11:1.
38. Evans, J.R. y Henshaw, K. 2008. Antioxidant vitamin and mineral supplements for preventing age-related macular degeneration. Cochrane Database of Systematic Reviews (1). CD000253. ISSN 1469-493X

39. Fajardo, H. 2009. Suplementación mineral estratégica de hembras bovinas lecheras en pastoreo y su influencia en la reproducción en el Valle del Cauto. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal pp 67 - 71.
40. Fajardo, H., Rondón, G., García López, R., Gutiérrez, O., Sánchez, M. y González N. Hembras bovinas lecheras en pastoreo en el Valla del Cauto. II. 2011. Caracterización del perfil metabólico y su influencia en la reproducción. Ciencia y Tecnología Ganadera. Vol. 5 Nos. 2 y 3, p. 113-123.
41. Fajardo, H., Viamonte, I. M., Rondón, G., García-López, R., Odilia Gutiérrez., Magdalena Sánchez., Teresa Ruiz, y Noelia González. 2013. Hembras bovinas lecheras en pastoreo en el valle del Cauto. III. Influencia de la suplementación mineral experimental en indicadores reproductivos y sanguíneos de novillas y vacas. Ciencia y Tecnología Ganadera Vol. 7 No. 1, p. 41-49.
42. Fancelli, A.L. 2006. Micronutrientes en la fisiología de las plantas. Pp 11-27. En: M
43. Feng-Li, Y., Xiao-Shan, L. y Bao-Xiang, H. 2011. Effects of vitamins and traceelements supplementation on milk production in dairy cows: A review. African Journal of Biotechnology 14, pp. 2574-2578, Disponible: <<http://www.academicjournals.org/AJB>> [Consultado: julio 3, 2012].
44. Figueredo Rodríguez Yoelsis. 2016. Efecto de la suplementación parenteral con cobre en vacas Siboney de Cuba sobre su sistema inmunológico, la salud de la ubre y los indicadores reproductivos. [Tesis de maestría]. Centro de Investigaciones para el mejoramiento Animal en la Ganadería tropical (CIMAGT). Pp 40-65.
45. Figueredo, J.M. 2007. Estudio comparativo de los valores hemáticos de las vacas Holstein y de los cruces 5/8 – 3/8 y ¾ - ¼ Holstein por Cebú. Disponible: <<http://www.monografias.com/trabajos40/vacas-holsteincebu/vacas-holsteincebu2.shtml#mater>> [Consultado: mayo 2, 2009].
46. Fortes Daylenis, Herrera, R. S., García, M., Cruz, M. Ana y Romero Aida. 2012. Composición química de Pennisetum purpureum vc. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 46, Número 3. 321-329.
47. Francisco, C.C., Spicer, L.J., Payton, M. E. 2003. Predicting cholesterol, progesterone, and days to ovulation using postpartum metabolic and endocrine measures. J. Dairy Sci. 86, 2852-2863.
48. Fundora, O., Yepis., Olga. 2000. Ahorro de fertilizantes en empresas de cultivos varios y limitación de la contaminación ambiental. XIII Fórum de Ciencia y Técnica. Santa Clara, Cuba.
49. Gadd, G.M. 2010. Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation. Microbiol-Sgm156: 609–643.
50. Galindo Juana, Gutiérrez Odilia, RamayoMaida y Leyva Laura. 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, Tomo 48, Número 3, 241-245.
51. Ganda, E.K., Bisinotto, E.S., Vazques, A.K., Teixeira, A.G., Machado, V.S., Foditsch, C., Bicalho, M. 2016. Effects of injectable trace mineral supplementation in lactating dairy cows with elevated somatic cell counts. Dairy Sci. 99:1–11 <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-10989>.
52. García Díaz, J.R., Ajakaiye, J.J., Cuesta Mazorra, M., Quiñones Ramos, R., Munyori
53. García, J.R. 2008. Relación entre la cupremia y los indicadores reproductivos de la hembra bovina. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias

- veterinarias. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) – Universidad Agraria de la Habana —Fructuoso Rodríguez Pérez (UNAH).
54. García, J.R. 2014. Present status, challenges and future perspectives of the Veterinary Clinical Pathology in Cuba: experiences with the Cuban cattle genotypes (Holstein x Zebu). 16th Biennial Congress of the International Society for Animal Clinical Pathology (ISACP). University of Copenhagen, Dinamarca. 25 - 29. Proceedings. Pp 46 -47.
 55. García, J.R., Cuesta, M. 2004. Diagnóstico y tratamiento de la deficiencia de cobre y su efecto sobre la reproducción y el estado de salud de las hembras bovinas. En: Memoria del II Congreso Internacional de Agricultura en Agroecosistemas Frágiles y Degradados. Bayamo, Granma, Cuba, 2004. p. 35-36
 56. García, J.R., Cuesta, M. y Pedroso, R. 2005. Administración de sulfato de cobre sobre la hemoquímica, hematología y bioactividad del líquido ruminal en vacas. Rev. MVZ-Cordoba; 10(2); 639-647.
 57. García, J.R., Cuesta, M., Quiñones, M., Figueredo, J.M., Mollineda., Faure, R., Pedroso, R. 2010a. Caracterización del contenido de microelementos en el sistema suelo planta animal y su influencia en la reproducción bovina en la zona central de Cuba. Rev cubana Cienc. Agric. 2010; 44(3):233-237.
 58. García, J.R., Munyori, H., Cuesta, M., Quiñones, R., Figueredo, J.M., Noval, E., Mollineda, A. 2012a. Therapeutic efficacy and pharmacological safety of parenteral supplementation of different concentrations of copper in cows. ArchivTierzucht, 55 (1): 25-35.
 59. García-López, R. 2009. Necesidades de los minerales para la producción de carne y leche. En: “Importancia de los minerales en la producción animal”. Maestría en Producción Animal para la Zona Tropical. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba
 60. Garmendia, J. 2007. Los minerales en la reproducción bovina. Disponible: <www.produccion-animal.com.ar > [Consultado: abril, 27, 2014].
 61. Gebhard, S., Ronimus, R.S. y Morgan, H.W. 2001. Inhibition of phosphofructokinases by copper (II). FEMS Microbiol. Lett. 197: 105–109.
 62. Genther, N. O. y Hansen, L. S. 2014. A multielement trace mineral injection improves liver copper and selenium concentrations and manganese superoxide dismutase activity in beef steers. J Anim Sci., 92:695-704.
 63. Goff, J.P., Kimura, K., Horst, R.L. 2002. Effect of mastectomy on milk fever, energy, and vitamins A, E, and beta-carotene status at parturition. J. Dairy Sci. 73: 3195-3199
 58. González, E y Cáceres, O. 2002. Valor nutritivo de árboles y arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. Pastos y Forrajes. 25:15.
 64. González–Stagnaro, C. 2002. Pasos para lograr el diagnóstico y la solución del problema reproductivo a través de la evaluación de la eficiencia reproductiva. Venezuela Bovina. 53: 50-65.
 65. Granma Ciencia. Vol. 17, no. 2.
 66. Gressley, F, Tania. 2009. Zinc, copper, manganese, and selenium in dairy cattle rations. Proceedings of the 7th Annual Mid-Atlantic Nutrition Conference. 2009. 65 Zimmermann, N.G., ed., University of Maryland, College Park, MD 20742.
 67. Gutiérrez Odilia y Savón Lourdes. 2006. Metabolismo mineral. en Aspectos bioquímicos y fisiológicos de la nutrición animal. Ed CEDICA La Habana. Cuba. 281 p.
 68. 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 Dr. Cs. Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque, Cuba.

69. Gutiérrez, Odilia. 2007. Retos y perspectivas de la utilización de los minerales orgánicos en la alimentación animal. Memorias del VI Congreso internacional de ciencias veterinarias. CD-ROM. ISBN 978-959-282-047-3.
70. Hackbart, K.S., Ferreira, R.M., Dietsche, A.A., Socha, M.T Shaver, R.D., Wiltbank, M.C. and Fricke, P.M. 2010. Effect of dietary organic zinc, manganese, copper, and cobalt supplementation on milk production, follicular growth, embryo quality, and tissue mineral concentrations in dairy cows. *Journal of Animal Science*, doi 10.2527/jas.2010-3055
71. Haydock, K.K. & Shaw, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter of pasture. *Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 15:663
72. Hernández, A., Ponce de L.R., García, S.M., García, R., Mora, M., Gutiérrez, M. y Guzmán, G. 2011. Parámetros genéticos en rasgos de la producción lechera y la longevidad de vacas Mambí de Cuba. *Arch. Zootec.* 60 (231): 513-520. 2011.
73. Hernández, J.A., Ascanio, G.O.M., Morales Díaz Marisol y Cabrera, R.A. 2005. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los Suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria. INCA. La Habana, Cuba. 62p.
74. Heron, P., Cousins, K., Boyd, C., y Daya, S. 2001. Paradoxical effects of copper and manganese on brain mitochondrial function. *Life Sci.* 68, 1575–1583.
75. Holy, L.: 1987. En: *Biología de la reproducción bovina*. Ed. Científico- técnica. La Habana. P 332
76. Iqbal, Y.M., Saxena, Archana., Melepad, D.P., Peer, H.B., Devi Sarita., Singh, J. R. y Dimri, U. 2013. Role of trace elements in animals: a review. *Veterinary World*, disponible en: www.veterinaryworld.org/Vol.6/Dec-2013/4.pdf [Consultado 3-5-2015]
77. Jackson, M.L. 1970. *Análisis Químico de Suelos*. Univ. de Wisconsin. p 662.
78. Kalmbacher, R.S., Ezenwa, E.V., Arthington, J.D., Martin, F.G. 2005. Sulphur fertilization of bahiagrass with varying levels of nitrogen fertilization on a Florida Spodosol. *Agron. J.* 97: 661-667.
79. Kaneko, J.J., Harvey, J.W. y Bruss, M.L. 2002. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. Academic Press. 5th ed. San Diego: 117- 137, 327- 349, 441- 480, 621- 648, 885- 905.
80. Khorsandi, S., Riasi A., Mohammad, K., Saeid, Ansari, M., Farhad, M., Farhad, A. 2016. Lactation and reproductive performance of high producing dairy cows given sustained-release multi-trace element/vitamin ruminal bolus under heat stress condition. *Livestock Science* 187, 146–150.
81. Knowles, S.O., Grace, N.D., Lee, J. y West, D.M. 2000. Impact of Cu x Mo interaction on the Cu status of grazing cattle and sheep. In: *Trace Element Update*. Pp 66–81. Foundation for Continuing Education of New Zealand Veterinary Association, Palmerston North, 2000.
82. LeBlanc, S. 2010. “Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period”, en *J Reprod Dev* 56 (Suppl): S29-35.
83. Levenson C.W. 2003. Zinc regulation of food intake: new insights on the role of neuropeptide Y. *Nutr Rev.* 2003, 61(7):247-9.
84. Likar, M., Vogel-Mikus, K., Potisek, M., Hancevic, K., Radic, T., Necemer, M., Regvar, M. 2015. Importance of soil and vineyard management in the determination of grapevine mineral composition. *Sci. Total Environ.* 505, 724–731

85. López-Gatius, F., Santolaria, P., Yániz, J., Rutlant, J., López-Béjar, M. 2001. Persistent ovarian follicles in dairy cows: a therapeutic approach. *Theriogenology*, 56 (4): 649-659.
86. Luo, X.S., Yu, S., and Li, X.D. 2011. Distribution, availability, and sources of trace metals in different particle size fractions of urban soils in Hong Kong: Implications for assessing the risk to human health. *Environ Pollut* 159: 1317–1326.
87. Machado, V. S., Bicalho Marcela, Pereira, R.V., Caixeta, L.S., Knauer, W.A., Oikonomou, G., Gilbert, R.O., y Bicalho, R.C. 2013. Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on the health and production of lactating Holstein cows. *The Veterinary Journal*. Disponible: <[http://dx. doi.org/10.1016/j.tv jl.2013.02.0 22](http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.02.022)> [Consultado: junio 18, 2015].
88. Machado, V.S., Oikonomou, G., Lima, F.S., Bicalho, S.L.M., Kacar, C., Foditsch, C., Felipe, M.J., Gilbert, O.R., y Bicalho, C.R. 2014. The effect of injectable trace minerals (selenium, copper, zinc, and manganese) on peripheral blood leukocyte activity and serum superoxide dismutase activity of lactating Holstein cows. *The Veterinary Journal* 200: 299–304.
89. Márquez, Y.C., Márquez, A., Fuentes, M., Salas, Y. y López-Ortega, A. 2011. Estado oxidativo de cuerpos lúteos maduros y regresivos en bovinos. *Rev. Vet.* 22: 1, 25–31.
90. McBride, M.B., Cherney, J. 2004. Molybdenum, Sulphur, and Other Trace Elements in Farm Soils and Forages after Sewage Sludge Application. *Taylor & Francis*. 35 (3-4): 517 – 535.
91. McDowell L. R., y Arthington. 2005. *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. Cuarta Edición. Universidad de La Florida. IFAS. E.E.U.U. 91p.
92. McDowell, L.R., Valle, G. 2000. *Forage evaluation in ruminant nutrition* (Ed Guivens, G.I, Owens, E., Axford, R.F and Omed, H.M), CAB international, Wallingford, U.K: 373-378.
93. Miles, P.H., Wilkinson, N.S., McDowell, L.R. 2001. *Analysis of Minerals for Animal Nutrition Research*. 3rd ed. Dept. Anim. Sci., Univ. Florida, Gainesville.
94. Morrison, C.D., Daniel, J.A., Holmberg, B.J., Djiane, J., Raver, N. Gertler, A. y Keisler. D.H. 2001. Central infusion of leptin into well-fed and undernourished ewe lambs: Effects on feed intake and serum concentrations of growth hormone and luteinizing hormone. *J. Endocrin.*, 168: 317-324.
95. National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. (7th Rev. Ed.). Natl. Acad. Sci., Washington, D.C.
96. Nayeri, A., Upah, N. C., Sucu, E., Sanz-Fernández, M. V., DeFrain, J. M., Gorden, P. J. y Baumgard, H. L. 2014. Effect of the ratio of zinc amino acid complex to zinc sulfate on the performance of Holstein cows sulfate on the performance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 97 :4392–4404.
97. Ndebele, N., Mtimuni, J.P., Mpofo, I.D., Makuza, S. y Mumba, P. 2005. The Status of Selected Minerals in Soil, Forage and Beef Cattle Tissues in a Semi-Arid Region of Zimbabwe. *Tropical Animal Health and Production*. 37 (5): 381-393.
98. Nderitu, H., Mollineda Trujillo, A. 2012b. Effects of parenteral supplementation of Cu in female cattle with different levels of cupremia. *ArchivTierzucht* 55 (2): 113-122.
99. Nemec, L. M., Richards, J. D., Atwell, A. C., Zanton, I. G. y Gressley, F. T. 2012. Immune responses in lactating Holstein cows supplemented with Cu, Mn, and Zn as sulfates or methionine hydroxy analogue chelates. *J. DairySci.* 95:4568–4577. [http://dx.doi.org/ 10.3168/jds.2012-5404](http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5404). [Consultado 3-2014].

100. Noval A.E., García-Díaz, J.R., García-López, R., Quiñones-Ramos, R., Mollineda Trujillo, A., Munyori-Nderitu, H. 2012. Evaluación del efecto de la suplementación parenteral de cobre y un complejo de cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn) sobre la hemoquímica y la ganancia de peso en terneros. *Rev electrón vet. REDVET* ISSN 1695-7504. Octubre 2012. Vol. 13. Nº 10 Málaga. España. [online] Disponible URL en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101012.html>
101. Noval, A. E., García, D.J.R., García-López, R., Quiñones, R. R. y Mollineda, T. A. 2014. Caracterización de algunos componentes químicos, en suelos de diferentes agroecosistemas ganaderos. *Centro Agrícola*, 41(1): 25-31.
102. NRAG 559/1982. Alimentos de consumo animal. Muestreo.
103. NRAG 894/1988. Suelos. Análisis químico. Determinación de Cu, Zn, Fe y Mn. 39
104. ONEI. 2007. Clasificación agroproductiva de los suelos de Cuba, año 2001. Disponible: < <http://www.onei.cu/anuariopdf/capitulo1/0128.pdf> > [Consultado: marzo 3, 2008].
105. Oniani, O.G. 1964. Determinación del fósforo y potasio del suelo en una misma solución de los suelos Krasnozen y Podsólicos en Georgia. *Agrojima* 6:25. 97.
106. Paretas, J.J. 1993. La producción bovina en Cuba. *ACPA* 1. p13.
107. Parker, R. 1989. Body condition scoring of Dairy Casttle. *Factsheet AGNES*. 410: 420.
108. Pedroso, R. 2005. Interacción entre nutrición y reproducción en la hembra bovina. Conferencia. Instituto de Ganadería Tropical. Ministerio de la Agricultura. La Habana.
109. Pedroso, R., Roller Felicia, 2004. Efecto de la Condición Corporal obre la fertilidad de las vacas mestizas Holstein x Cebú en clima tropical. *Rev. Cub. Reprod. Anim.* 30 (1y2): 31 – 37.
110. Pérez-Infante. 2010. Ganadería eficiente, bases fundamentales. 1ra Edición digital. ISBN 978-959-7098-85-0. La Habana. Cuba.
111. Picco, S.J., Abba, M.C., Mattioli, G.A., Fazzio, L.E., D., Rosa, J., De Luca, C., Dulout, F.N. 2004. Association between copper deficiency and DNA damage in cattle. *Mutagenesis*. 19 (6): 453—456
112. Pinto, E., Aguiar, M.R.A. Ana., y Isabel M.P.L. Ferreira. 2014. Influence of Soil Chemistry and Plant Physiology in the Phytoremediation of Cu, Mn, and Zn. *Plant Sciences*, 33:351–373.
113. Pogge, D.J., Richter, E.L., Drewnoski, M.E., Hansen, S.L. 2012. Mineral concentrations of plasma and liver following injection with a trace mineral complex differ among Angus and Simmental cattle. *Journal of Animal Science* 90, 2692–2698.
114. Protano, G. y Rossi, S., 2014. Relationships between soil geochemistry and grape composition in Tuscany (Italy). *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 177 (4), 500–508.
115. Quintela, A.L., Becerra, J.J., Rey, C., Díaz, C. Cainzos, J. Rivas, F., Huanca, W., Prieto, A. y Herradón, G.P. 2011. Perfiles metabólicos en preparto, parto y postparto en vacas de raza rubia gallega: estudio preliminar. *Recursos Rurais* nº 7: 5-14.
116. Rabiee, A.R., Lean, I.J., Stevenson, M.A., Socha, M.T., 2010. Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science* 93, 4239–4251
117. Radostits, O.M., Gay, C.C., Blood, D.C. and Hinchliff, F.W. 2007. *Veterinary Medicine. A textbook for the diseases cattle, sheep, pigs, goats and horses*, 10th Ed. Bailliere multivalent vaccine administration in beef calves. Tindall, London.

118. Reinoso, M. y Simón, L. 2000. Condición corporal y desempeño productivo y reproductivo de vacas Siboney en un contexto silvopastoril. *Pastos y Forrajes*. 23 (1):47
119. Reinoso, M., Díaz, F. y Simón, L. 2005. Pastizales alborizados. Beneficios nutricionales en comparación con monoculturas. *Revista cubana de ciencia agrícola*. 39 (2): 165-173.
120. Reist, M., Erdin, D.K., VonEuw, D., Tschümperlin, K. M., Leuenberger, H., Hammon, H.M., Morel, C., Philipona, C., Zbinden, Y 2002. Postpartum reproductive function: Association with energy, metabolic and endocrine status in high yielding dairy cows. *Theriogenology* 59 1707-1723
121. Roca Núria, M. S. Pazos y J. Bech. 2007. Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO argentino. *Ciencia del Suelo*, 25(1). (Buenos Aires). Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672007000100005&script=sci_arttext [Consultado 10-10-2014].
122. Roche, A., Larduet, R., Torres, V., Ajete, A., 1999. CalRac: A microcomputer programme for the estimation of ruminant rations. *Cuban J. Agric. Sci.* 33, 13-19.
123. Roche, J.R., Friggens, N.C., Kay, J.K., Fisher, M.W., Stafford, K.J., Berry, D.P., 2009. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of DairyScience* 92, 5769–5801.
124. Rodríguez, C.L.A., y Ruiz, S.G. 2015. Efecto de suplementos minerales sobre el desarrollo corporal y reproductivo de hembras bovinas. *Nutrición Animal Tropical* 9 (1): 57- 87. ISSN: 2215-3527.
125. Rodríguez, I. 2000. Influencias de las excreciones de vacas lecheras en el reciclaje de los macronutrientes en el agroecosistema de pastizal. Tesis presentada en opción al grado de doctor en ciencias agrícolas. Instituto de ciencia animal. La Habana, Cuba: 31.
126. Rodríguez, Idalmis., Crespo, G., Torres, Verena., Calero, B., Morales, Amalia., Otero, Lázara., Hernández, L., Fraga, S. y Santillán, Bertha. 2008. Evaluación integral del complejo suelo-planta-animal en una unidad lechera con silvopastoreo en la provincia La Habana, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42: 403-410.
127. Root-induced changes in pH and dissolved organic matter binding capacity affect copper dynamic speciation in the rhizosphere. *GeochimCosmochim Acta* 64: 256–268.
128. Rosa, D.E. y Mattioli, G.A. 2002. Metabolismo y deficiencia de cobre en los bovinos. *Analecta Veterinaria*. 22, 1: 7-16.
129. Rosa, D.E., Fazzio, L.E, Picco C.J., Furuns, C.C. y MATTioli, G. A.2008. Metabolismo y deficiencia de Zinc en bovinos. Trabajo de Revisión. *Analecta Veterinaria*, 28 (2): 34-44
130. Rubio, C., González, W. D., Martín-Izquierdo, E. R., Revert, C., Rodríguez, I y Hardisson, A. 2007. El zinc: oligoelemento esencial. *NutrHosp*. 22:101-107.
131. Ruiz., Teresita., González., Noelia y Pedroso, R. 1995. Deficiencias minerales en el ganado bovino en Cuba. IX. Forum de Ciencia y Técnica. CIMA. C. Habana: 16-17.
132. Senra, A. 1977. Método práctico para medir la hierba seleccionada por el animal. *Rev. Divulgación Agropecuaria, Cuba*. 2:7
133. Senra, A. 2005. Principales sistemas de pastoreo para la producción de leche y su adecuación a las condiciones de Cuba. *Rev Cubana de Cienc. Agric.* 39:415.
134. Shaheen, S.M., Tsadilas, C.D., Rinkklebe, J. 2013. A review of the distribution coefficients of trace elements in soil: influence of sorption system, element characteristics, and soil colloidal properties. *Adv. Colloid Interf. Sci.* 201–202, 43–56.

135. Shisia, S. K., Ngure, V., Nyambaka, N. y Oduor, O.D.F. 2013. Effect of pH and Forage Species on Mineral Concentrations in Cattle breeds in Major Grazing Areas of Uasin Gishu County, Kenya. *Int.J. Curr.Microbiol. App.Sci* 2(12): 247-254. ISSN: 2319-7706
136. Smith, R.D., Chase, L. E. 2007. Nutrition and reproduction notational dairy database, Volume northeast. Disponible: < www.Productionanimal.com.ar > [Consultado: mayo 25, 2008].
137. Soderman, J.P., Weaver, G.E. y Larson, LL. 1987. Effect of dietary protein level and exogenous gonadotropin releasing hormone on circulation progesterone concentration in lactating Holstein cows. *J. Dairy. Sci.* 70: 183-189.
138. Spears, J.W., y Weiss, W. P. 2008. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *The Veterinary Journal.* 176:70-76.
139. Suttle, N.F. 1986. Problems in the diagnosis and anticipation of trace element deficiencies in grazing livestock. *Vet Rec* 119: 148-152.
140. t'Mannetje, L. y Haydock, H.P. 1963. The dry matter weight rank method for the botanical analysis of pasture. *J. Brit. Grassld. Soc.* 18:268.
141. Teng, Y., Feng, D., Wu, Rui, Z., Song, L., Wang, J., 2015. Distribution, bioavailability, and potential ecological risk of Cu, Pb, and Zn in soil in a potential groundwater source area. *Environ. Monit. Assess.* 187, 293
142. Thomas, C., Oates, P. S. 2003. Copper deficiency increases iron absorption in the rat. *Am. J. Physiol.* 285: 789-795.
143. Tjardes, J. and C. Wright. 2002. Feeding corn distiller's co-products to beef cattle. *SDSU Extension Extra.* Ex 2036, August 2002. Dept. of Animal and Range Sciences. pp. 1-5.
144. Tubek S. 2007. Zinc supplementation or regulation of its homeostasis: advantages and threats. *Biol Trace Elem Res.* 119(1):1-9.22
145. Underwood, E.J., Suttle, N.F., 2001. *The Mineral Nutrition of Livestock*, third ed. CABI International, Wallingford, UK: 283-342.
146. Valenciaga Daiky. Herrera, R.S., Eloisa de Oliveira Simoes, Bertha Chongo y Verena Torres. 2009. Composición monomérica de la lignina de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 y su variación con la edad de rebrote. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 43, Número 3. 315-319.
147. Valera, M. Gutiérrez, O. Gallego, C. Oramas, A y Sánchez, L. 2011. Macro y microelementos sanguíneos en rebaños lecheros en pastoreo, pertenecientes al Instituto de Ciencia Animal. Nota técnica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45:121.
148. Vargas, S. 2008. Rediseño, manejo y evaluación de un agroecosistema de pastizal con enfoque integrado para la producción de leche bovina. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias veterinarias. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central de las Villas. Santa Clara, Cuba: 62-64.
149. Vargas, S., Cairo, P., Franco, R., Oramas, E., Muñoz, E., Torres, P., Jiménez, R., Rodríguez, Oralia y Abreu, Ines. 2002. Diagnóstico de la fertilidad físico química del suelo en un agroecosistema lechero. *Pastos y Forrajes.* 25: 99 – 105.
150. Vázquez (ed). *Micronutrientes en la agricultura.* Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina.207pp.
151. Vázquez, Ondina. 1992. Contribución al estudio de la deficiencia de cobre en el Ganado bovino en pastoreo en condiciones de producción. Tesis presentada en opción al título de especialista en Bioquímica-Bromatología- Toxicología. ICA, UNAH, 1992.

152. Viamonte Garcés María Isabel., Fajardo, R.H., Benítez, J.D., Rondón, R.G., y Sánchez Valera Magdalena. 2010b. Comportamiento de algunos indicadores metabólicos en hembras bovinas criollas anéstricas en el Valle del Cauto. *Revista Electrónica Granma Ciencia*. 14:3.
153. Viamonte, Garcés María Isabel. 2010a. Sistema integrado de manejo para incrementar la productividad en vacas de la raza Criolla cubana. [Tesis de Doctorado]. Instituto de Ciencia Animal (ICA). San José de las Lajas. La Habana. Cuba. 2010. 67 pp.
154. Wattiaux, M.A. 1996. Manejo de la eficiencia Reproductiva en: El Instituto Babcock para Investigación y Desarrollo Internacional para la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison, Wisconsin. Resumen No. 6: 1-4.
155. Weiss, W.P. and M.T. Socha. 2005. Dietary manganese for dry and lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 88:2517 – 2523.
156. Wittwer, F. 2000. Marcadores bioquímicos no controle de problemas metabólicos nutricionales em gado de leite. En: González FHD, Barcello JO, Ribeiro LAO (Eds). 129 Perfil metabólico emruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 53-63.
157. Yang, J.X., Liu, Y., and Ye, Z.H. 2012. Root-Induced changes of pH, Eh, Fe(II) and fractions of Pb and Zn in rhizosphere soils of four wetland plants with different radial oxygen losses. *Pedosphere* 22: 518–527.
158. Yasui, T., Ryan, M.C., Gilbert, O.R., Perryman, E. K. y Overton, T.R. 2013. Research update: effect of trace mineral source on oxidative metabolism, endometritis, and performance of transition cows. In: *Proceedings 2013, 75th Meeting Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*.
159. Zhong, X.L., Zhou, S.L., Zhu, Q., and Zhao, Q.G. 2011. Fraction distribution and bioavailability of soil heavy metals in the Yangtze River Delta-A case study of Kunshan City in Jiangsu Province, China. *J Hazard Mater* 198, 13–21.

5. La acreditación de la introducción del resultado y de su impacto:

6. Patentes o certificados de autor, registros, publicaciones científicas:

7. Dictamen del órgano científico:

8. Aval de instituciones coejecutoras:

9. Valoración del Consejo Técnico Asesor del OACE:



Proceedings of the 16th Biennial Congress of the International Society for Animal Clinical Pathology

Kjelgaard-Hansen, Mads; Jacobsen, Stine

Publication date:
2014

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Citation for published version (APA):
Kjelgaard-Hansen, M., & Jacobsen, S. (Eds.) (2014). Proceedings of the 16th Biennial Congress of the International Society for Animal Clinical Pathology: June 25-29, 2014, University of Copenhagen, Faculty of Health and Medical Sciences, Copenhagen, Denmark. Faculty of Health and Medical Sciences, University of Copenhagen, Frederiksberg, Denmark.

PRESENT STATUS, CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES OF THE VETERINARY CLINICAL PATHOLOGY IN CUBA: EXPERIENCES WITH THE CUBAN CATTLE GENOTYPES (HOLSTEIN X ZEBU)

J. Ramón García Díaz, Department of Veterinary Medicine and Zootechny, Faculty of Agricultural Sciences. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Santa Clara, Villa

Clara, Cuba. E-mail: juanramon@uclv.edu.cu

The objective of this work is to contribute to the popularization of the current state, challenges and future perspectives of the Veterinary Clinical Pathology (VCP) in Cuba, emphasizing the experiences obtained in this field in genotypes of bovine livestock Holstein x zebu. At the end of 1960, VCP was consolidated as a discipline in Cuba; and at the beginning of the 1970s the first texts were published about the principles and methodologies of VCP. The first studies were on the metabolic profile and their relationship with the lactation period, milk production and the fertility of the bovine females Holstein and its breeds with the Zebu and the effect that it has in its breeding level; the metabolic diseases and the influence of the metabolic state on the fertility levels of its bull sires. Nevertheless, the field which was studied much was the mineral profile of the bovine of different breeds, associating it to fertility; in these studies they were carried out determinations of the organic reservations of minerals. In the 1990s VCP was affected by the economic limitations of the country and no further investigations were carried out in this field until the beginning of the years 2000, where the feeding conditions in the Cuban cattle rearing differed substantially with that of the years in which they were carried

out the mentioned studies and that without doubts, it would rebound on the different parameters of the metabolic profile. In this stage, anemia caused by iron deficiency was studied in suckling calves and also the hematological profiles of the cows Holstein and its breeds were studied. Our group studied the metabolic state and especially the levels of minerals of the bovine females Holstein x Zebu and its relationship with the reproduction under the new conditions of the Cuban cattle breeding; the most outstanding results demonstrated that a negative correlation was established between the levels of copper in serum in a range of 9.8 ± 1.0 to 14.0 ± 0.9 $\mu\text{mol/L}$ with the reproductive indicators and that the administration of 50 mg of Cu for via parenteral in the bovine females with copper levels in blood of until 14 $\mu\text{mol/L}$ that included values considered normal of (>11.77 $\mu\text{mol/L}$), this increases its reproductive efficiency. When the serum levels of Zn descend from 15 $\mu\text{mol/L}$ the cows are at risk of developing anestrus, which appears frequently before the values that indicate its deficiency appear (12.62 $\mu\text{mol/L}$). It was found differences in the hepatic indicators and those of protein metabolism in the ones found in Cuba for the cows Holstein in the 1980s, under other conditions of feeding, management and racial groups. It was studied the mineral profile, protein profile, haematological and acid base profile for several species. Recently it was incorporated the study of the acute phase proteins (APPs) in the canine species and their alterations in parvovirus disease. Up to now, the results have been discussed taking into consideration the reference parameters published internationally, that makes it difficult its correct interpretation because they are several sources of variation in the biochemical indexes used in the VCP; for which our work group at the moment has established the reference parameters for the main indicators of the metabolic profile in several species, adjusted to our conditions. The main challenges and future perspectives that we have are: to determine the appropriate levels of each metabolic indicator so that it can show an appropriate reproductive efficiency, especially in the bovine females; to study the relationship of the minerals in sanguine serum with those of follicular fluid and those of the oviduct, the oxidative stress and with the quality of the oocytes and embryos in bovine; to deepen in the employment of those APPs in the diagnosis and prognosis of pathological processes in several species and to incorporate new diagnostic tools. To execute these aspirations it will be of great utility the international collaboration and the academic exchange with other institutions to execute combined projects that allow improvement of the infrastructure and the equipment, and the formation of human resources.

Evaluación del efecto de la suplementación parenteral de cobre y un complejo de cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn) sobre la hemoquímica y la ganancia de peso en terneros

Ernesto Noval Artiles: Departamento de Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5.5 Santa Clara (54830), Villa Clara, Cuba, ernestona@uclv.edu.cu | **Juan R. García Díaz:** Departamento de Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5.5 Santa Clara (54830), Villa Clara, Cuba | **Roberto García López:** Departamento de Rumiantes, Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba | **Reinaldo Quiñones Ramos:** Departamento de Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5.5 Santa Clara (54830), Villa Clara, Cuba | **Ángel Mollineda Trujillo:** Centro de Investigaciones Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5.5 Santa Clara (54830), Villa Clara, Cuba | **Harun Munyori Nderitu:** Departamento de Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5.5 Santa Clara (54830), Villa Clara, Cuba.

Resumen

Con el objetivo evaluar el efecto de la suplementación de cobre y una formulación de cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn) por vía parenteral sobre los indicadores hematoquímicos hemoglobina (Hb), hematocrito (Hto) y las concentraciones de Cu, Zn y Mn) y la ganancia de peso vivo en terneros con sistema de amamantamiento restringido, se seleccionaron 45 terneros mestizos de Siboney. Se conformaron tres grupos, (i) control, (ii) tratado con 25 mg de Cu el día cero y 40 mg de Cu a los 60 y 120 días, (iii) grupo con aplicación de 25 mg de Cu, 50 mg de Zn y 25 mg de Mn el día cero y 40 mg de Cu, 80 mg de Zn y 40 mg de Mn a los 60 y 120 días. Los animales fueron pesados al inicio, y cada dos meses hasta el final de la investigación y dos meses después de la última suplementación. Los resultados fueron evaluados mediante ANOVA y prueba de Duncan para el análisis de medias. Tanto en el segundo como en el tercer grupo se incrementó de manera significativa ($p < 0.001$) la cupremia, la hemoglobina y el hematocrito en comparación con el grupo control. En el tercer grupo los niveles de Zn fueron superiores ($p < 0.001$) que los de los grupos uno y dos. La ganancia media diaria fue significativamente superior ($p < 0.05$) a los 60 días en el segundo grupo y a los 120 y 180 días en los grupos dos y tres ($p < 0.001$). Se concluye que la suplementación parenteral del Cu, solo o combinado con Zn y Mn incrementó los niveles séricos de Cu y Zn, la hemoglobina, el hematocrito y la ganancia de peso en terneros, en este tipo de sistema.

Palabras clave: Suplementación mineral | Cobre | Zinc | Manganeso | Microelemento | hemoquímica | ternero | ganancia de peso

Abstracts

With the objective to evaluate the effect of copper supplementation and a copper formulation (Cu), zinc (Zn) and manganese (Mn) using via parenteral on the indicative hemochemical (hemoglobin (Hb), hematocrit (Hto) and the concentrations of Cu, Zn and Mn) and on the live weight gains in calves under a system of restricted breastfeeding, 45 crossbreed calves of Siboney were selected. Three groups were formed (i) control, (ii) treated with 25 mg of Cu on day zero and 40 mg of Cu on 60 and 120 days, (iii) group with application of 25 mg of Cu, 50 mg of Zn and 25 mg of Mn on day zero and 40 mg of Cu, 80 mg of Zn and 40 mg of Mn on 60 and 120 days. The animals were weighed at the beginning, and every two months until the end of the investigation and two months after the last supplementation. The results were evaluated using ANOVA and Duncan tests analyzing the means. In both the second and the third group, there was a significant increase ($p < 0.001$) in the level of copper in blood, the hemoglobin and the hematocrit in comparison with the group of control. In the third group the levels of Zn were superior ($p < 0.001$) than those of the groups one and two. The daily weight gain was significantly superior ($p < 0.05$) in the second group at the age of 60 days and also in those with 120 and 180 days in groups two and three ($p < 0.001$). It can be concluded that the parenteral supplementation of the Cu, alone or combined with Zn and Mn increased the blood levels of Cu and Zn, the hemoglobin, the hematocrit and the gain of weights in calves under this system.

Words key: Mineral supplementation | Copper | Zinc | Manganese | Microelement | hemochemical | calf | gain of weight

Introducción

Los minerales tienen un papel especial asegurando el eficaz crecimiento, la reproducción e inmunocompetencia en los animales. Generalmente es considerado que un desajuste en las reacciones de oxidación pueden dañar el estado inmune del animal (Spears, 2000), además, la evidencia sugiere que los rebaños hayan aumentado los riesgos de metritis, mastitis, problemas de locomoción, o diarrea en los terneros cuando los niveles de cinc (Zn) o cobre (Cu) son marginal o deficiente (Enjalbert *et al.*, 2006; Andrieu., 2008). La deficiencia en el consumo de esos minerales o la presencia de factores que puedan interferir en su metabolismo, especialmente en bovinos mantenidos en pastoreo, ocasionaría una disminución de la actividad enzimática, asociada con baja ganancia de peso (Wichtel *et al.* 1996 y Jaramillo *et al.*, 2005).

La deficiencia de cobre (Cu) es la segunda carencia mineral más frecuente en bovinos en pastoreo en el mundo, después de la de fósforo (McDowell *et al.*, 2005a), en el caso del Zn, Rosa *et al.*, (2008) plantean que su deficiencia no ha sido claramente caracterizada en el mundo, el Mn es igualmente un mineral traza

esencial, su deficiencia puede ocurrir naturalmente en el ganado vacuno con signos que incluyen formación anormal de huesos, retardo en el crecimiento y un no adecuado funcionamiento del metabolismo de lípidos y carbohidratos (NRC, 2005).

En el mundo se han introducido diferentes fármacos inyectables de Cu, Zn y Mn entre otros minerales trazas con diferentes combinaciones y dosis de tratamiento, en diferentes categorías y especies de animales (Viejo *et al.*, 1992; Ramírez-Biriesca *et al.*, 2004; Vanegas *et al.*, 2004; Aparicio *et al.*, 2007; y García, 2008).

En Cuba se ha demostrado que la administración parenteral del cobre en las hembras bovinas ha repercutido favorablemente, incrementando la cupremia, las concentraciones de cobre en hígado y mejorando el comportamiento reproductivo de los animales (García, 2008); sin embargo no se ha evaluado el empleo de estos fármacos sobre los indicadores bioproductivos en animales jóvenes.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de la suplementación del cobre y un complejo de Cu, Zn y Mn por vía parenteral en diferentes formulaciones sobre los indicadores hematoquímicos y la ganancia de peso en terneros en un sistema de amamantamiento restringido.

Materiales y Métodos.

El trabajo se desarrolló en una unidad comercial del centro del país productora de leche bovina durante el periodo poco lluvioso, donde se seleccionaron 45 terneros mestizos de Siboney, de 30 a 40 días de edad clínicamente sanos y con igual distribución de pesos, en sistema de amamantamiento restringido, permanecían en una misma nave donde se les suministró heno de *Cynodon dactylum* y agua a voluntad, a los 90 días fueron conducidos al pastoreo con sistema rotacional con doce cuartones, el pastizal contó con una composición florística de: *Cynodon nlemfuensis*, *Dichantium sp* y *Paspalum notatun*.

Los terneros fueron divididos en tres grupos de 15 animales y asignados al azar a tres tratamientos de la siguiente manera:

Tabla 1. Esquema de distribución de los grupos de estudio según las dosis a investigar.

Grupos	Primera dosis Día 0	Segunda dosis Día 60	Tercera dosis Día 120
1	Placebo	Placebo	Placebo
2	25 mg de Cu.	40 mg de Cu.	40 mg de Cu.
3	25 mg de Cu. 50 mg de Zn. 25 mg de Mn.	40 mg de Cu. 80 mg de Zn. 40 mg de Mn.	40 mg de Cu. 80 mg de Zn. 40 mg de Mn.

Todos los grupos fueron tratados el mismo día por vía subcutánea y se aplicó desde el inicio del tratamiento un examen rutinario, mediante la inspección clínica

frecuente (Cuesta, 2003). Se realizó el pesaje de los animales al inicio de la experiencia (momento de aplicación del primer tratamiento) y posteriormente cada dos meses coincidiendo con los momentos de la suplementación, más un pesaje final 2 meses después del último tratamiento (180 días).

En cada animal se evaluaron los indicadores hematoquímicos, las ganancias de peso y peso final para evaluar el efecto de los tratamientos empleados sobre estos indicadores.

Las muestras de sangre se tomaron por venopunción de la yugular. Para los análisis de minerales se extrajeron 10 ml y se depositaron en tubos vacutainer sin anticoagulante, esterilizados y desmineralizados; posteriormente se centrifugaron a 3500 rpm x 10 minutos, obteniéndose el suero sanguíneo, que se congeló a -10 °C hasta su análisis. Para los análisis hematológicos se obtuvieron 5 mL de sangre, los que se depositaron en tubos de ensayo con EDTA (1 mg/mL de sangre), previamente tapados y esterilizados.

Las determinaciones de Zn, Fe y Cu en suero sanguíneo se realizaron por espectrofotometría de absorción atómica (Miles *et al.*, 2001), en un equipo SP-9 (PYE UNICAM) según los procedimientos del fabricante. La hemoglobina se determinó por el método de cianometahemoglobina (Drabkin, 1970) y el hematocrito, por microhematocrito con tubo capilar.

En el procesamiento estadístico de los resultados se empleó el paquete estadístico STATGRAPHICS VER 5.0. Se efectuó la comparación de los indicadores hematoquímicos al inicio y final del experimento y el peso y la ganancia media diaria (gmd) en los diferentes momentos del pesaje de los animales entre los diferentes grupos de tratamiento mediante un análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA) previa comprobación de la homogeneidad de varianzas, utilizándose los valores iniciales de cada indicador como covariable. En los casos que existieron diferencias estadísticas significativas se aplicó la prueba de Duncan (1955) para comparar las medias.

Resultados y discusión

En la tabla 2 se muestra el comportamiento de las diferentes variables hematoquímicas, tanto al inicio como al final del experimento en los diferentes grupos experimentales. En el caso del grupo dos al que se le administró cobre, manifestó un incremento significativo de los valores de ese mineral en sangre, al igual que la hemoglobina y el hematocrito, los que no difirieron significativamente con respecto al tercer grupo al que se le administró un complejo de Cu, Zn y Mn, donde los valores de cobre en sangre fueron significativamente superiores al grupo control e inferiores al segundo grupo pero se mantuvieron dentro del rango propuesto por Quiroz y Bouda, (2001) y a niveles de seguridad.

En estudios anteriores (García y Cuesta, 2004; García *et al.*, 2007; García, 2008), al administrar una solución de sulfato de cobre por vía parenteral en vacas gestantes, obtuvieron incrementos ($P < 0.001$) de las concentraciones de Cu en suero sanguíneo, la hemoglobina y el hematocrito.

Rosa *et al.* (2008), en un trabajo de revisión plantean niveles de zincemia normales de 13.77 mg/100 ml; la aplicación en el grupo 3 del complejo de minerales en estudio incrementó de forma significativa ($p < 0.001$) los niveles de Zn en sangre con respecto al resto de los grupos investigados. El hierro (Fe) no se vio afectado por la terapéutica utilizada.

Tabla 2. Comportamiento de las variables hematoquímicas evaluadas en los diferentes grupos de tratamiento.

Variables	Momento	Grupos		
		1	2	3
Cobre	Inicial	11,47±1,09	11,53 ± 1,16	10,98 ± 1,00
	Final	11,22 ± 0,86 ^c	13,81± 2,21 ^a	13,27 ± 1,34 ^b
Zinc	Inicial	14.63 ± 1.82	14.64 ± 1.92	14.55 ± 1.77
	Final	15.72 ± 1.29 ^b	15.69 ± 1.44 ^b	20.03 ± 2.03 ^a
Hierro	Inicial	19,07 ± 3.45	17.32 ± 2.88	18.75 ± 2.56
	Final	19.42 ± 2.05	20.71 ± 3.13	19.89 ± 2.60
Hb	Inicial	100.53 ± 4.74	103.46 ± 11.89	103.6 ± 8.62
	Final	105.3 ± 8.54 ^b	119.73 ± 12.32 ^a	117.8 ± 8.97 ^a
Hto	Inicial	0.31 ± 0.02	0.31 ± 0.03	0.32 ± 0.02
	Final	0.31 ± 0.01 ^b	0.37 ± 0.03 ^a	0.37 ± 0.02 ^a

^{ab} letras diferentes en la misma fila, indican diferencias estadísticas significativas
 $p < 0.001$ (Duncan, 1955)

Los efectos beneficiosos de la suplementación del Zn por vía parenteral se han reportado previamente, en tal sentido la administración del Zn en forma de lactobionato (0,667 % de cinc), empleando la vía subcutánea a la dosis de 25 ml por animal incrementó la concentración de este microelemento en plasma, pelo y piel, además de la ganancia de peso diaria (Minatel *et al.*, 1998).

En el caso del Fe, los resultados contrastan con estudios desarrollados en Cuba en hembras bovinas adultas, que han evidenciado un incremento de los niveles del hierro sérico en los animales suplementados con Cu por vía subcutánea cada dos meses (García y Cuesta, 2004). Aunque se ha reportado la estrecha relación entre la cupremia y los tenores de Fe en sangre (Radostits *et al.*, 2000; Thomas y Oates, 2003), la falta de concordancia en estos resultados puede estar dada por la diferencia de categoría. Se ha señalado que los terneros son más susceptible a padecer la carencia de este microelemento (Figueredo *et al.*, 2005), Los fitatos y las dietas ricas en fibras secuestran el zinc, impidiendo su absorción digestiva, por lo que el zinc procedente de los alimentos vegetales es de menor biodisponibilidad debido a la presencia de ácido fítico que forma complejos insolubles poco absorbibles (Rubio *et al.*, 2007), cuando el ternero es lactante y no posee un rumen funcional sufre las interferencias propias de los monogástricos, como ocurre con el uso de proteínas de soja en los sustitutos lácteos, los cuales aportan fitatos que reducen la absorción del Zn (Rosa *et al.*, 2008), por otra parte el cobre y el cadmio utilizan los mismos transportadores compitiendo con el zinc y reduciendo su absorción (Rubio *et al.*, 2007). Elevadas concentraciones de calcio también reducen la absorción del zinc (McDowell 2005b).

El estudio del peso de los terneros en los diferentes grupos de tratamiento (tabla 3 y figura 1), mostró que los grupo 2 y 3 aumentaron significativamente ($P < 0,05$) el

peso de los terneros a los 60 días en un 10 y 7 % y en un 12 y 8 % a los 120 días, respectivamente, con respecto al control. A los 180 días se apreciaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.001$), momento en el que el aumento de peso fue un 12 % superior en los grupos 2 y 3 en comparación con el que recibió el placebo; siendo la ganancia de peso un factor de importancia a tener en cuenta ya que según Rosa, *et al.*, (2008) las consecuencias de la carencia de Zn no están aún bien definidas, por lo que es necesario en este sentido enfatizar los riesgos de menores ganancias de peso, fallas inmunológicas, menor performance reproductiva y la mayor predisposición a enfermedades pódalas.

Tabla 3: Comparación del peso de los terneros (kg) y ganancia media diaria (g) entre los grupos de tratamiento en los diferentes momentos del muestreo.

Momentos	Grupos					
	1		2		3	
	Peso Vivo	GMD (g)	Peso Vivo	GMD (g)	Peso Vivo	GMD (g)
60 días	68.53 ± 2.82 ^b	282.22 ± 26.32 ^c	75.53 ± 3.18 ^a	426.66 ± 52.6 ^a	72.8 ± 4.31 ^{b*}	377.8 ± 71.17 ^{b*}
120 días	87.33 ± 3.79 ^c	313.33 ± 26.8 ^b	97.53 ± 3.81 ^a	366.7 ± 35.07 ^a	93.66 ± 4.18 ^{b*}	347.77 ± 27.36 ^{a*}
180 días	106 ± 3.29 ^b	311.11 ± 22.41 ^b	119.13 ± 4.67 ^a	360 ± 61.8 ^a	118.93 ± 3.43 ^{a***}	371.1 ± 62.72 ^{a***}

^{ab} letras diferentes en la misma fila, indican diferencias estadísticas significativas (Duncan, 1955) * $P < 0.05$. *** $p < 0.001$.

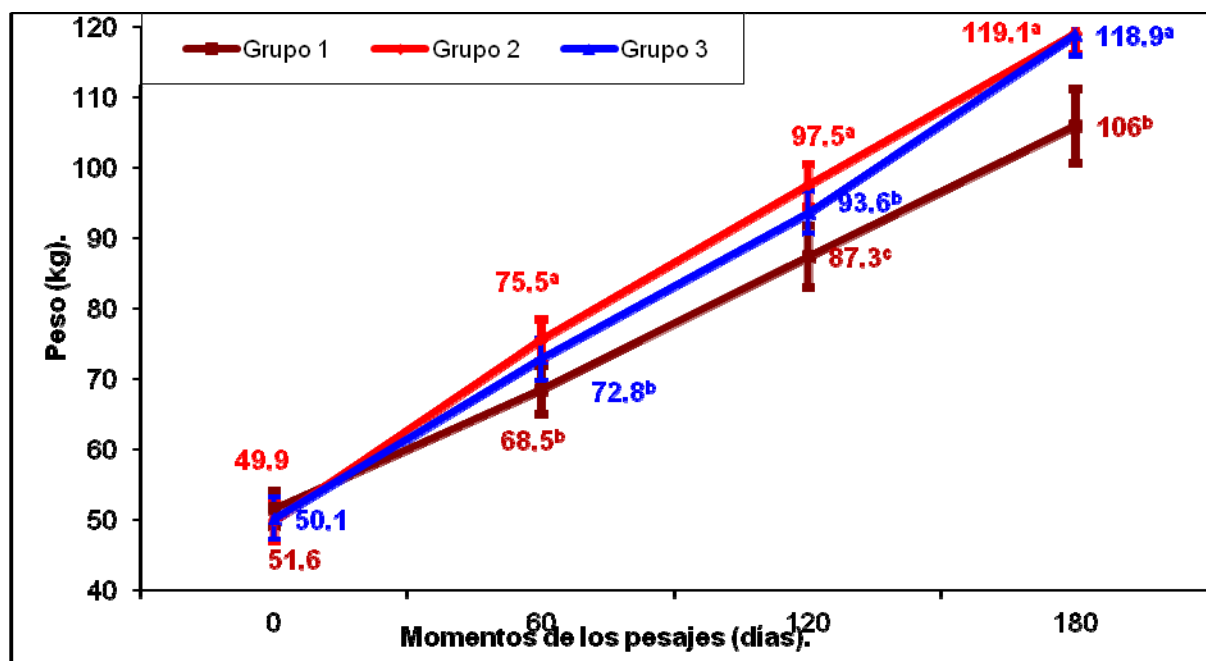


Figura 1: Evolución del peso corporal de los terneros de los diferentes grupos de tratamientos durante el periodo de muestreo.

La ganancia de peso diaria en cada grupo (tabla 3), muestra que las mismas a los 60 días difieren para los tres grupos, siendo superiores ($P < 0.05$) en el grupo 2. Se

encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) a favor de los grupos 2 y 3 a los 120 días y ($p < 0.001$) a los 180 días. Estos resultados indican que los suplementos empleados tienen un efecto beneficioso sobre este importante indicador, igualmente Aparicio *et al.*, (2007) al aplicar diferentes soluciones inyectables de cobre aumentaron de manera significativa los niveles séricos del microelemento y los pesos al destete y ganancias medias diarias de los terneros. En zonas donde se diagnosticó la deficiencia de Cu, condicionada por exceso de Mo en los pasto, la administración de inyecciones de 200 mg de cobre elemental cada cuatro meses, lograron en un año aumentos de peso en novillos 24 % superiores a los testigos (Nuñez *et al.*, 1976).

Aunque otros trabajos no han reportado repuestas exitosas en ganancias de peso vivo al tratar animales con Cu por vía parenteral, a pesar de que los animales elevaron y mantuvieron los niveles de Cu en el plasma y el hígado (Carrillo *et al.*, 1978; Ferrer *et al.*, 1989), otros estudios demostraron que la suplementación con Cu inyectable (EDTA, Cu) en dosis de 25 mg Cu cada 60 días, vía subcutánea reflejaron beneficios sobre las ganancias diarias y el peso al destete en un 20 a 24% (Viejo y Casaro, 1993). La administración de este compuesto incrementó en un 18% el peso al destete en terneros (Balbuena *et al.* 1999).

Recientemente, en un estudio desarrollado en Venezuela se demostró que la administración de soluciones inyectables de cobre aumentaron de manera significativa los niveles séricos del microelemento y los pesos al destete y ganancias medias diarias de los terneros (Aparicio *et al.*, 2007).

La falta de concordancia entre los diferentes reportes y los resultados de este trabajo pueden estar dadas por el estado inicial del Cu y las diferencias en los sistemas de alimentación y manejo en cada estudio. En tal sentido, se han reportado respuestas al tratamiento con cobre inyectable en todos los rangos de deficiencia y que las diferencias en ganancia diaria de peso entre grupos guardaron relación con la gravedad de la deficiencia de cobre y la época del año en que se realizó el estudio (Pechín *et al.*, 1999).

Finalmente se concluye que en este sistema, la suplementación parenteral del Cu, solo o combinado con Zn y Mn incrementó los niveles séricos de Cu y Zn, la hemoglobina, el hematocrito y la ganancia de peso en terneros.

Referencias bibliográficas

1. Andrieu, S. 2008. Is there a role for organic trace element supplements in transition cow health? *The Veterinary Journal* 176, 77-83
2. Aparicio, R.; Torres, R.; Astudillo, L.; Córdova, L. y Carrasquel, J. 2007. Suplementación parenteral con cobre sobre el peso de becerros en crecimiento. *Zootecnia Tropical* 25(3):221-224. 2007.
3. Balbuena, O.; McDowell, L. R. y Stahringer, R. C. 1999. Suplementación con cobre inyectable en terneros y vacas con hipocupremia. *Vet. Arg.* 16 (154): 272-280.
4. Barboza, P.S. y Blake, R.T. 2001. Seasonality of sexual segregation in dimorphic deer: extending the gastrocentric model. *Alces* 37: 275–292.

5. Blakley, B.R.; Kutz, S.J.; Tedesco, S.C. y Flood, P.F., 2000. Trace mineral and vitamin concentrations in the liver and serum of wild muskoxen from Victoria Island. *J. Wildl. Dis.* 36: 301–307.
6. Carrillo B.J., J.B. Bingley y B.E. Ruksan. 1978. Efecto de la administración de cobre por vía parenteral sobre la concentración de cobre plasmático y el peso vivo en bovinos. *Prod. Anim.*, 6: 612-619.
7. Cuesta, M.; Cuesta, Axis.; Gil, L. y García, JR. 2003. Condición corporal de las vacas lecheras y su relación con indicadores productivos, de reproducción, de la calidad de la leche y parámetros de bioactividad ruminal y sanguíneos. Segunda conferencia internacional sobre desarrollo agropecuario y sostenibilidad Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
8. Cuesta, M. 2003. Medicina Interna Veterinaria. Libro de texto, UCLV. ISBN 959-250-105- X.
9. Drabkin, (1970). Manual de Técnicas de Laboratorio Clínico.
10. INSAP. Enjalbert, F., Lebreton, P., Salat, O. 2006. Effects of copper, zinc and selenium status on performance and health in commercial dairy and beef herds, retrospective study. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90, 459–466.
11. Fazzio, L. E.; Mattioli, G.A.; Picco, S.J.; Traveria, G.E.; Costa, E.F.; Romero, J.R. 2006. Intoxicación aguda con cobre inyectable en bovinos. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata. Disponible en URL: <http://www.fcv.unlp.edu.ar/centros-lab-inst/cedive/temas/intoxicacion.php>. [Consultado 1/06/08].
12. Ferrer C.G.; Ramírez, C.E. y Zaccardi, E.M. 1989. Efectos de la suplementación parenteral con cobre sobre la ganancia diaria de peso en bovinos de diferentes edades. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 9(3): 173 - 178.
13. Figueredo, JM. (2007). Estudio comparativo de los valores hemáticos de las vacas Holstein y de los cruces 5/8 – 3/8 y ¾ - ¼ Holstein por Cebú. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos40/vacas-holstein-cebu/vacas-holstein-cebu2.shtml#mater>. [Consultado 2/5/2009]
14. García, J. R y Cuesta, M., 2004. Diagnóstico y tratamiento de la deficiencia de cobre y su efecto sobre la reproducción y el estado de salud de las hembras bovinas. Memorias del II Congreso Internacional de Agricultura En Ecosistemas Frágiles y Degradados. Bayamo, Granma, Cuba 1 – 3 de diciembre del 2004.
15. García, J.R. 2008. Relación entre la cupremia y los indicadores reproductivos de la hembra bovina. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias veterinarias. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) - Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” (UNAH). Julio del 2008.
16. García, J.R.; Cuesta, M.; Pedroso, R.; Rodríguez, Janhad.; Gutiérrez, Marisol.; Mollineda, A.; Figueredo, J.M. y Quiñones, R. 2007. Suplementación parenteral de cobre en vacas gestantes: Efecto sobre postparto y terneros. *Rev. MVZ Córdoba* 12(2): 985-995.

17. Harris, E. 2003. Basic and Clinical Aspects of Copper. Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences. Disponible en URL: <http://www.iqb.es/nutricion/cobre/cobre.htm>. [Consultado 5/06/08].
18. Jaramillo, S., Alonso, V.N., Pineda, A. P. Gallego, P. T. y Ceballos, A. 2005. Actividad sanguínea de superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa en novillas a pastoreo. Pesquisa Agropecuaria del Brasil., Brasília, 11: 1115-1121.
19. Kehoe, C. A., Faughnan, M. S., Gilmore, W. S., Coulter, J. S., Howard, A. N. & Strain, J. J. 2000. Plasma diamine oxidase activity is greater in copper-adequate than copper-marginal or copper-deficient rats. J. Nutr. 130: 30-33.
20. Kendall, N. R.; Marsters, P.; Scaramuzzi, R. J.; y Campbell, B. K. 2003. Expression of lysyl oxidase and effect of copper chloride and ammonium tetrathiomolybdate on bovine ovarian follicle granulosa cells cultured in serum-free media. Reproduction 125: 657-665.
21. Kozak, A.; Vecerek, V.; Chloupek, P.; Tremlova, B. y Malena, M. 2003. Veterinary meat inspection of pig carcasses in the Czech Republic during the period of 1995-2002. Veterinarian Medicine, 48, 207-213.
22. McDowell, L. R. 2005b. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Cuarta Edición. Universidad de La Florida. IFAS. E.E.U.U. 91p.
23. McDowell, L.R.; Davis, P.A.; Cristaldi, L.A.; Wilkinson, N.S.; Buerguelt, C.D y Van Alstyne, R. 2005a. Proc. Florida Ruminant Nutrition symposium. Gainesville, Florida, EE.UU: 38-41.
24. Miles, P. H.; Wilkinson, N. S. y McDowell, L. R. (2001). Analysis of Minerals for Animal Nutrition Research. 3rd ed. Dept. Anim. Sci., Univ. Florida, Gainesville.
25. Minatel, L.; Buffarini, M. A.; Dallorso, M. E.; Homse, A. y Carfagnini, J. C. 1998. Relevamiento mineral de la región noroeste de la provincia de Buenos Aires. Rev. Arg. Prod. Anim. 18 (1): 67-75.
26. NRC. 2005. Mineral of Tolerance of Animals. Second Revised Edition. Committee on Minerals and Toxic Substances in Diets and Water for Animals. Board on Agriculture and Natural Resources. Division on Earth and Life Studies. National Research Council. The National Academies Press . Washington , D.C.
27. Núñez, A., H. Rubies, L. Filippine y H. Volonteri. 1976. Respuestas al tratamiento con complejos de cobre en bovinos con hipocuprosis. Gac. Vet. 38(316): 552-530.
28. Pechín, G. H.; Idiart, J. L.; Cseh, S.; Corbellini, C. N.; Moralejo, R. H.; Cesán, R.; O. y Sánchez, L. O. 1999. Respuesta a la suplementación con cobre inyectable en distintos rangos de deficiencia en bovinos de carne. Rev. Arg. Prod. Anim, 19(2): 347-358.
29. Pedroso, R. 2005. Interacción entre nutrición y reproducción en la hembra bovina. Conferencia. Instituto de Ganadería Tropical. Ministerio de la Agricultura. La Habana.
30. Quiroz-Rocha y Bouda, J. 2001. Fisiopatología de las deficiencias de cobre en rumiantes y su diagnóstico. Rev. Veterinaria de México., 32 (4).
31. Radostits, O.M.; Gay, C.C.; Blood, D.C. y Hinchcliff, K.W. 2000. Veterinary medicine. 9th edition. ISBN 0 7020 2604 2. W. B. Sauders company Ltd. Londres.
32. Ramirez-Briebesca, Hernández-Camacho, Hernández-Calva y Tórtora-Pérez. 2004. Efecto de un suplemento parenteral con selenio de sodio en la

- mortalidad de corderos y los valores hemáticos de selenio. Agrociencia 38: 43-51.
33. Rosa DE, Fazzio L.E., Picco, S.J., Furnus, C.C. y Mattioli, G.A. 2008. Metabolismo y Deficiencia de Zinc en Bovinos. *Analecta Veterinaria* 2:34-44.
34. Rubio, C., González Weller, D., Martín-Izquierdo, Revert, C., Rodríguez I. y A. Hardisson. 2007. El zinc: oligoelemento esencial. *Nutr Hosp.* 2007;22:101-107
35. Spears, J. W., 2000. Micronutrients and immune function in cattle. *Proceedings of the Nutrition Society* 59, 587–594.
36. Vanegas, J. A., Reynolds y Atwill, E. R. 2004. Effects of an Injectable Trace Mineral Supplement on First-Service Conception Rate of Dairy Cows. *J. Dairy Science.* 87:3665-3671.
37. Viejo, R. E. y Casaro, A. P. 1992. Suplementación parenteral con cobre en vacas gestantes y su efecto sobre el ternero al nacimiento. *Rev. Argentina de Producción Animal* 3:339-346.
38. Viejo, R. E. y Casaro, A. P. 1993. Efectos de la suplementación con cobre sobre la ganancia de peso, cobre hepático y plasmático en terneros. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 13 (2):97-105.
39. Wichtel, J. J.; Craigie, A. L.; Freeman, D. A.; Varela-Alvarez, H.; Williamson, N.B. 1996. Effect of selenium and iodine supplementation on growth rate and on thyroid and somatotrophic function in dairy calves at pasture. *Journal of Dairy Science.* p.1865-1872.

REDVET: 2012, Vol. 13 Nº 10

Recibido 23.11.2011 / Ref. prov. NOV1103BB_RED VET / Aceptado 13.02.2012 /
Ref. def. 101201_RED VET / Publicado: 01.10.2012

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101012.html>
concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101012/101201.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®.

Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con [Veterinaria.org®](http://www.veterinaria.org) <http://www.veterinaria.org> y con REDVET®-
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Effect of different doses of an injectable compound of Cu, Zn and Mn on bio-productive indicators of milking cows

Efecto de diferentes dosis de un compuesto inyectable de Cu, Zn y Mn en parámetros bioprodutivos de la vaca lechera

E. Noval¹, J. Ramón¹, R. García-López² and J. Jiménez³

¹*Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central de las Villas "Marta Abreu". Carretera a Camajuaní, km 5,5. Santa Clara (54830), Villa Clara, Cuba*

²*Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque*

³*Unidad Básica de Producción Agropecuaria "Desembarco del Granma". Antón Díaz, Santa Clara. Villa Clara*
Email: ernestona@ucv.edu.cu

Different doses of an injectable compound of Cu, Zn and Mn on bio-productive indicators of milking cows. Four groups were formed, with seven cows each, belonging to Siboney de Cuba (5/8 Holstein 3/8 Zebu) breed genotype, with eight months of gestation. Each group was assigned with the following treatments: A) control; B) 25 mg of Cu, 50 mg of Zn and 25 of Mn; C) 50 mg of Cu, 100 mg of Zn and 50 mg of Mn and D) 75 mg of Cu, 150 mg of Zn and 75 mg of Mn, provided every two months up to completing three applications. Serum concentrations of Cu and Zn and bio-productive indicators were evaluated. Two groups with five cows were formed: one of them received C treatment and the other, used as control, was destined to evaluate hepatic reserves of Cu, Zn and Mn. C and D treatments increased significantly ($P < 0.05$) serum concentrations of Cu and Zn regarding the rest of them. C treatment increased significantly ($P < 0.05$) the hepatic levels of Zn and Cu, and Mn ($P < 0.001$). Reproductive indicators were better ($P < 0.05$) in cows that received C and D treatments, showing the highest levels of milk production ($P < 0.05$), after 60 d of lactation, regarding A and B groups. It can be concluded that C and D treatment were more effective to reestablish the organic levels of these microelements and favor productive and reproductive indicators of animals.

Key words: copper, zinc, manganese, doses, injectable, indicator, milking cows

Se evaluaron diferentes dosis de un compuesto inyectable de Cu, Zn y Mn en los parámetros bioprodutivos de la vaca lechera. Se formaron cuatro grupos, de siete vacas cada uno, pertenecientes al genotipo racial Siboney de Cuba (5/8 Holstein 3/8 Cebú), con ocho meses de gestación. A cada grupo se le asignaron los tratamientos siguientes: A) control; B) 25 mg de Cu, 50 mg de Zn y 25 de Mn; C) 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn y D) 75 mg de Cu, 150 mg de Zn y 75 mg de Mn, administrados cada dos meses hasta completar tres aplicaciones. Se evaluaron las concentraciones séricas de Cu y Zn y los indicadores bioprodutivos. Se conformaron dos grupos de cinco vacas: uno recibió el tratamiento C y otro, utilizado como control, se destinó a evaluar las reservas hepáticas de Cu, Zn y Mn. Los tratamientos C y D aumentaron significativamente ($P < 0.05$) las concentraciones séricas de Cu y Zn con respecto a los restantes. El tratamiento C incrementó significativamente ($P < 0.05$) los niveles hepáticos de Zn y Cu y Mn ($P < 0.001$). Los indicadores reproductivos fueron mejores ($P < 0.05$) en las vacas que recibieron los tratamientos C y D, que mostraron mayores niveles de producción láctea ($P < 0.05$), a partir de los 60 d de lactancia, con respecto a los grupos A y B. Se concluye que los tratamientos C y D resultaron más eficaces para restablecer los niveles orgánicos de estos microelementos y favorecer los indicadores reproductivos y productivos de los animales.

Palabras clave: cobre, zinc, manganeso, dosis, inyectable, parámetros, vaca lechera.

Bovine milk production in Cuba is developed under grazing conditions, with climatic and management conditions that are negative and affect the intake of coarse food with low level of yield and quality. During dry period, nutritional deficit is intensified. Mineral supplementation is poor and lacking of trace minerals (García *et al.* 2010a).

Feeds for bovine cattle not always fulfill the requirements of milking cows for production and, many times, the contribution of trace minerals is unknown (Genther and Hansen 2014). Zn, Cu and Mn are affected due to the antagonism of Mo, Fe, S, and Ca concentrations, among other minerals supplied by feeds (Nayeri *et al.* 2014).

In Cuba, there are severe deficiencies of Cu and Zn in milking cows, in the western (Valera *et al.* 2011, Figueredo 2016), central (García *et al.* 2010a, Noval *et al.* 2014) and eastern (Fajardo *et al.* 2011, Galindo *et al.* 2014).

La producción de leche vacuna en Cuba se desarrolla en condiciones de pastoreo en circunstancias climáticas y de manejo que resultan adversas y afectan el consumo de alimentos voluminosos de bajo rendimiento y calidad. Durante el período poco lluvioso, el déficit nutricional se acentúa. La suplementación mineral es pobre y carente de minerales trazas (García *et al.* 2010a).

Los alimentos para el ganado vacuno no siempre satisfacen los requerimientos de la vaca lechera en producción y, en muchas ocasiones, se desconoce su aporte en minerales trazas (Genther y Hansen 2014). El Zn, el Cu y el Mn se afectan por el antagonismo de las concentraciones de Mo, Fe, S, Ca, entre otros minerales que aportan los alimentos (Nayeri *et al.* 2014).

En Cuba se conocen severas deficiencias de Cu y Zn en vacas lecheras, en la región occidental (Valera *et al.* 2011, Figueredo 2016), central (García *et al.* 2010a, Noval *et al.* 2014) y oriental (Fajardo *et al.* 2011, Galindo *et al.* 2014).

al. 2014) regions.

Mineral supplementation in milking cows have a beneficial effect on the immune condition of the animal, resistance to diseases, feed intake (McDowell and Arthington 2005), energy and oxidative metabolism (Spears and Weiss 2008) and reproduction (Nemec *et al.* 2012).

Zn, Cu and Mn have an important function on fertility of milking cows (Nayeri *et al.* 2014). In Cuba, a negative correlation was demonstrated ($p < 0.05$) between cupremia and reproductive indicators, in a range of serum copper between 9.8 ± 1.0 and $14.0 \pm 0.9 \mu\text{mol/L}$. It was also confirmed that deficiency of this microelement is a significant risk factor for the appearance of anestrus and repetition of service (García *et al.* 2010b).

Parental supplementation of minerals reduces the interactions occurring during its ingestion and absorption, avoids mineral antagonism and increases organic reserves of the animal (Pogge *et al.* 2012). Injectable supply of Cu every two months, up to completing three applications, increased cupremia and hepatic reserve, and benefited reproductive performance of bovine females (García *et al.* 2012a, b).

The objective of this study was to evaluate different doses of an injectable compound of Cu, Zn and Mn on bio-productive indicators of milking cows.

Materials and Methods

This research was carried out during dry period (November-May) of 2011, in a milking herd from a Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) from the central region of Cuba, with a predominance of typical carbonated brown soils (Hernández *et al.* 2015).

Animals under study were grazing in a rotational system of natural grasses during the day. At night, they were grazing in areas of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115, associated with *Neonotonia wightii* and *Teramnus labialis*.

Supplementation was accomplished according to DDGs productive level, at a rate of 2.4 kg DM and urea (0.08 kg DM). Cows were manually milked, at double milking and with a restrained suckling system.

Experimental design. The effect of supplementation with Cu, Zn and Mn on blood serum was evaluated, as well as the productive and reproductive response of cows. An amount of 28 crossbred Holstein x Zebu cows, with eight months of gestation, between six and seven years old, in the third and fourth gestation, was used. Body condition (BC) was between three and four at a scale of five points (Parker 1989), with $11.8 \pm 1.2 \text{ L cow}^{-1} \text{ day}^{-1}$ as mean of previous milk production.

Four groups of seven animals were established, randomly distributed. Treatments consisted on a control group, which had no parenteral supplementation of the

La suplementación mineral en vacas lecheras tiene efecto beneficioso en la condición inmune del animal, la resistencia a enfermedades, el consumo de alimentos (McDowell y Arthington 2005), el metabolismo oxidativo y energético (Spears y Weiss 2008) y la reproducción (Nemec *et al.* 2012).

El Zn, Cu y Mn tienen una función importante en la fertilidad de la vaca lechera (Nayeri *et al.* 2014). En Cuba, se demostró correlación negativa ($p < 0.05$) entre la cupremia y los indicadores reproductivos, en un rango de cobre sérico entre 9.8 ± 1.0 y $14.0 \pm 0.9 \mu\text{mol/L}$. Se comprobó además que la deficiencia de este microelemento es un factor de riesgo significativo para la presentación del anestro y la repetición de servicio (García *et al.* 2010b).

La suplementación parenteral de minerales reduce las interacciones que ocurren durante su digestión y absorción, evita el antagonismo mineral e incrementa las reservas orgánicas en el animal (Pogge *et al.* 2012). La administración de Cu inyectable cada dos meses, hasta completar tres aplicaciones, incrementó la cupremia y la reserva hepática, además de beneficiar el comportamiento reproductivo de las hembras bovinas (García *et al.* 2012a, b).

El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes dosis de un compuesto inyectable de Cu, Zn y Mn en los parámetros bioproductivos de la vaca lechera.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó durante el período poco lluvioso (noviembre-mayo) de 2011 en un rebaño lechero de una Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) de la región central de Cuba, con suelos predominantes pardos con carbonatos típicos (Hernández *et al.* 2015).

Los animales en estudio se encontraban en pastoreo, en un sistema rotacional de pastos naturales durante el día. En la noche pastaban en áreas de *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115, asociado a las leguminosas *Neonotonia wightii* y *Teramnus labialis*.

Se suplementó según el nivel productivo DDGs, a razón de 2.4 kg MS y urea (0.08 kg MS). Las vacas se ordeñaban de forma manual, a doble ordeño y con sistema amamantamiento restringido.

Diseño experimental. Se evaluó el efecto de la suplementación de Cu, Zn y Mn en suero sanguíneo y la respuesta reproductiva y productiva de las vacas. Se utilizaron 28 vacas mestizas de Holstein por Cebú, con ocho meses de gestación, entre seis y siete años de edad, en tercera y cuarta lactancia. La condición corporal (CC) era de tres a cuatro en la escala de cinco puntos (Parker 1989), con media de producción láctea previa de $11.8 \pm 1.2 \text{ L vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$.

Se conformaron cuatro grupos de siete animales, distribuidos aleatoriamente. Los tratamientos consistieron en un grupo control, al que no se le aplicó la suplementación parenteral de los elementos minerales en estudio. Los otros tres grupos recibieron

mineral elements of this study. The other three groups received a supplementation of 25, 50, 25; 50, 100, 50 and 75, 150, 75 mg of Cu, Zn and Mn, respectively.

All the animals showed serum deficiency of Cu and Zn (concentrations inferior to 11.77 and 12.62 $\mu\text{mol/L}$, respectively). From a clinical point of view, they were healthy according to a previous diagnose (Sotolongo 2007). The lack of Mn, diagnosed in herds, was determined by its deficiency on soil and grass (Noval *et al.* 2014).

The first supply of micro-elements was performed at eight months of gestation and it was repeated every two months up to completing three applications (30 and 90 d after parturition). Every animal underwent a dynamics of cupremia and zinc supplementation, before and every 15 d after the supply of treatments for two months. The maximum serum concentration of Cu and Zn was determined, as well as the time of declination of these values. At 60 d, a final sampling was performed to determine the appearance or not of hypo-cupremia and hypo-zinc supplementation during this period.

From the results of this experiment, two experimental groups were established, with five cows each. One was used as control and the other was parenterally supplemented with C dose. Animal selection was performed according to previously described inclusion criteria, although they were animals destined to sacrifice due to their low milk production. The influence of the supply of these microelements on hepatic reserves was evaluated. Animals were slaughtered at 15 d after the application of the product, which coincided with the peak of cupremia and zinc supplementation, determined during the previous stage.

Sample taking, used procedures and techniques. Through jugular venipuncture, 10 mL of blood were taken, before and every fifteen days after treatment. These samples were located in sterilized and demineralized anticoagulant tubes. Later, they were centrifuged at 3,500 rpm for 10 min., obtaining the blood serum. Liver samples were taken during the 15 min. after the animal slaughter. Samples from the ventral edge of the right lobule (15 cm³) were obtained, with a previous general inspection of this viscera in order to discard any alteration.

Samples of blood serum and hepatic tissue were preserved at -10 °C up to the analysis. Determinations of Cu, Zn and Mn were performed by atomic absorption spectrophotometry (Miles *et al.* 2001), with a SP-9 equipment, PYE UNICAM brand, according to procedures of manufacturer.

Calculation of reproductive indicators. The main reproductive indicators (parturition-first insemination period (PFIP), service period (SP), parturition-parturition period (PPP), insemination index (II) and percentage of gestation at first service) were determined according to procedures recommended by Brito (2010). In addition, milk production of each animal was determined during

la suplementación de 25, 25; 50, 100, 50 y 75, 150, 75 mg de Cu, Zn y Mn, respectivamente.

Todos los animales presentaban deficiencia sérica de Cu y Zn (concentraciones inferiores a 11.77 y 12.62 $\mu\text{mol/L}$, respectivamente). Desde el punto de vista clínico, estaban sanos según diagnóstico previo (Sotolongo 2007). El estado carencial de Mn, diagnosticado en estos rebaños, se determinó por su deficiencia en el suelo y pasto (Noval *et al.* 2014).

La primera administración de los microelementos se efectuó a los ocho meses de gestación y se repitió cada dos meses hasta completar tres aplicaciones (30 y 90 d postparto). A todos los animales se les realizó una dinámica de cupremia y cinquemia, antes y cada 15 d posterior a la administración de los tratamientos durante dos meses. Se determinó la máxima concentración sérica de Cu y Zn, así como el tiempo de declinación de estos valores. A los 60 d se realizó un muestreo final para determinar la aparición o no de hipocupremia e hipocinquemia en este período.

A partir de los resultados del experimento se conformaron dos grupos experimentales, de cinco vacas cada uno. Se utilizó uno como control y otro suplementado parenteralmente con la dosis C. La selección de los animales se realizó según los criterios de inclusión antes descritos, aunque eran animales destinados al sacrificio por baja producción láctea. Se evaluó la influencia del suministro de estos microelementos en las reservas hepáticas. Los animales se sacrificaron a los 15 d de aplicado el producto, etapa que coincidió con el pico de cupremia y cinquemia determinado en la etapa anterior.

Toma de muestras, técnicas y procedimientos utilizados. Por venopunción de la yugular, se tomaron 10 mL de sangre, antes y cada quince días posteriores al tratamiento. Se depositaron en tubos sin anticoagulante, esterilizados y desmineralizados. Luego, se centrifugaron a 3500 rpm durante 10 min. y se obtuvo el suero sanguíneo. Las muestras de hígado se tomaron durante los 15 min. posteriores al sacrificio de los animales. Se obtuvieron muestras del borde ventral del lóbulo derecho (15 cm³), con previa inspección general de la viscera para descartar alguna alteración.

Las muestras de suero sanguíneo y tejido hepático se conservaron a -10 °C hasta el análisis. Se realizaron las determinaciones de Cu, Zn y Mn por espectrofotometría de absorción atómica (Miles *et al.* 2001) en un equipo SP-9 de la firma PYE UNICAM, según los procedimientos del fabricante.

Cálculo de los indicadores reproductivos. Se determinaron los principales indicadores reproductivos (intervalo parto-primera inseminación (IPPI), período de servicio (PS), intervalo parto-parto (IPP), índice de inseminación (II) y porcentaje de gestaciones al primer servicio según los procedimientos recomendados por Brito (2010). Además, se determinó la producción láctea de cada animal durante los primeros 240 d de lactancia.

Pesaje de leche. Se realizó pesaje de la producción

the first 240 d of lactation.

Milk weighing. Weighing of individual milk production per month was carried out by means of a certified scale, dynamometer type and graduated in kilograms.

Statistical procedure. In order to compare concentrations of Cu and Zn in blood serum among the different groups in each sampling, reproductive indicators (PFIP, SP, PPP and II) and milk production in each weighing, an analysis of variance of simple classification (ANOVA) was performed. Duncan (1955) test was used to compare means in the cases with significant differences, with a previous verification of variance homogeneity. Comparison of hepatic reserves of microelements was conducted through t-Student test for independent samples. Statgraphics Centurion (StatPoint Technologies 2010) program was used for each procedure.

Results and Discussion

Table 1 shows results of parenteral supplementation of the different studied doses on Cu levels in blood. At the beginning of this research (day 0), there were no significant differences among the four groups. However, levels of cupremia were significantly superior ($P < 0.001$) in treatments with 50, 100, 50 and 75, 150, 75 mg of Cu, Zn and Mn respectively, at 15, 30 and 45 d, regarding the control group and the treatment with 25, 50 and 25 mg of Cu, Zn and Mn, respectively. At 60 d, there were no differences ($P > 0.05$) in cupremia among the groups supplemented with 25, 50, 25; 50, 100 and 50; 75, 150 and 75 mg of and Mn, respectively. The same happened between control and treatment with 25, 50 and 25 mg de Cu, Zn and Mn.

Cu blood levels, for C and D treatments, reached standard physiological patterns for bovine species (McDowell and Arthington 2005) and they maintained for 60 d, moment in which they began to decrease under the critical limit of deficiency, suggested by McDowell and Arthington (2005).

These results are similar to those obtained by García *et al.* (2012a), who increased cupremia and reached its peak at five days after treatment, when it is stabilized up to 15 d, and began to have a significant decrease and

individual de leche mensualmente mediante una pesa tipo dinamómetro graduada en kilogramos y certificada.

Procedimiento estadístico. Para comparar las concentraciones de Cu y Zn en suero sanguíneo entre los diferentes grupos en cada muestreo, los indicadores reproductivos (IPPI, PS, IPP e II) y la producción láctea en cada pesaje se realizó un análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA). Se utilizó la prueba de Duncan (1955) para comparar las medias en los casos con diferencias significativas, con previa verificación de la homogeneidad de varianza. La comparación de las reservas hepáticas de microelementos se realizó mediante una prueba de t-Student para muestras independientes. En todos los procesamientos se utilizó el programa Statgraphics Centurion (StatPoint Technologies 2010).

Resultados y Discusión

La tabla 1 muestra los resultados de la suplementación parenteral de las diferentes dosis en estudio en los niveles de Cu en sangre. Al comienzo de la investigación (día 0) no se apreciaron diferencias significativas entre los cuatro grupos. Sin embargo, los niveles de cupremia resultaron significativamente superiores ($P < 0.001$) en los tratamientos con 50, 100, 50 y 75, 150, 75 mg de Cu, Zn y Mn respectivamente, a los 15, 30 y 45 d con respecto al grupo control y al tratamiento con 25, 50 y 25 mg de Cu, Zn y Mn, respectivamente. A los 60 d no hubo diferencias ($P > 0.05$) en la cupremia entre los grupos suplementados con 25, 50, 25; 50, 100 y 50; 75, 150 y 75 mg de y Mn, respectivamente. Lo mismo ocurrió entre el control y el tratamiento con 25, 50 y 25 mg de Cu, Zn y Mn.

Los niveles sanguíneos de Cu, para los tratamientos C y D, alcanzaron los parámetros fisiológicos de referencia para la especie bovina (McDowell y Arthington 2005) y se mantuvieron así durante 60 d, momento en que descendieron por debajo del límite crítico de deficiencia sugerido por McDowell y Arthington (2005).

Estos resultados están en correspondencia con los obtenidos por García *et al.* (2012a), quienes incrementaron la cupremia y alcanzaron su pico a los cinco días posteriores al tratamiento, momento en el que se estabiliza hasta los 15 d, cuando comienza a descender significativamente y aparece la hipocupremia ($< 11.77 \mu\text{mol/L}$) a los 60 d.

Table 1. Effect of parenteral supplementation of different concentrations of microelements over blood levels of Cu, expressed in $\mu\text{mol/L}$

Treatment	Days after treatments				
	0	15	30	45	60
A	10.75	10.78 ^c	10.17 ^c	10.98 ^b	10.95 ^b
B	10.92	11.97 ^b	11.45 ^b	11.32 ^b	11.20 ^{ab}
C	11.03	13.90 ^a	13.51 ^a	12.34 ^a	11.53 ^a
D	10.75	14.26 ^a	13.37 ^a	12.42 ^a	11.57 ^a
± SE	0.17	0.20	0.27	0.20	0.11

^{a, b} Different letters in superscripts within the same column indicate significant differences $P < 0.05$ (Duncan 1955). A: Control. B: 25 mg of Cu, 50 mg of Zn and 25 of Mn. C: 50 mg of Cu, 100 mg of Zn and 50 mg of Mn. D: 75 mg of Cu, 150 mg of Zn and 75 mg of Mn. SE: standard error

hypo-cupremia appears ($< 11.77 \mu\text{mol/L}$) at 60 d.

García *et al.* (2012a) conducted determinations of serum Cu every five days, which may be the cause for the non-coincidence of cupremia peak regarding the results of this study. Another aspect that could have influenced is that those authors provided Cu alone, and this study supplemented it combined with Zn and Mn.

Table 2 shows blood levels of Zn at different moments, before and after the parenteral application of mineral compounds. Before the supplementation (day 0) and at 60 d, there were no differences ($P > 0.05$) among treatments. However, treatments with 50, 100, 50 and 75, 150, 75 mg of Cu, Zn and Mn, respectively, were superior to control group and to the one of lowest concentration of minerals under study at 15, 30 and 45 d. Values of zinc supplementation were superior to standard ($12.62 \mu\text{mol/L}$) physiological values (McDowell and Arthington 2005).

In Angus and Simmental cattle, with parenteral supplementation of Cu, Zn, and Mn, cupremia tended to increase. Serum concentrations of Zn and Mn had a significant increase at 15 d after treatment regarding control, while Mn tended to be superior (Pogge *et al.* 2012).

Concentration of microelements on the hepatic tissue (table 3) had statistical differences on Zn ($P < 0.05$), Cu and Mn ($P < 0.001$) levels, favoring the animals treated with the injectable compound of these microelements. In all cases, their hepatic concentrations reached superior values to those of the physiological limits for bovine species, reported by García *et al.* (2012a), after studying Cu supplementation on milking cows.

Liver Zn and Cu concentrations of this research are similar to other publications, pointing out that hepatic Zn ranges between 100 and 400 mg/kg on dry basis, and Cu varies from 200 to 300 mg/kg. Concentrations become toxic when their levels on this organ are superior to 900 mg/kg on dry basis (McDowell and Arthington 2005).

In this study, hepatic levels of Mn are similar to those reported by NRC (2001), and range between 10 and 24 mg/kg on dry basis. In addition, liver Mn concentrations

García *et al.* (2012a) realizaron las determinaciones de Cu séricos cada cinco días, lo que puede ser la causa de la no coincidencia del pico de cupremia con respecto a lo obtenido en este trabajo. Otro aspecto que pudo influir es que esos autores administraron el Cu solo y, en este estudio, se suplementó combinado con Zn y Mn.

La tabla 2 muestra los niveles sanguíneos de Zn en los diferentes momentos, antes y luego de la aplicación parenteral del compuesto de minerales. Antes de la suplementación (día cero) y a los 60 d no difirieron ($P > 0.05$) entre los cuatro tratamientos. En cambio, los tratamientos con 50, 100, 50 y 75, 150, 75 mg de Cu, Zn y Mn respectivamente fueron superiores ($P < 0.001$) al grupo control y al de menor concentración de los minerales en estudio a los 15, 30 y 45 d. Los valores de zinquemia fueron superiores a los valores fisiológicos ($12.62 \mu\text{mol/L}$) de referencia (McDowell y Arthington 2005).

En ganado Angus y Simental, con la suplementación parenteral de Cu, Zn, Mn, la cupremia tuvo tendencia al incremento. Las concentraciones séricas de Zn y Mn aumentaron significativamente a los 15 d posteriores al tratamiento con respecto al control, mientras que el Mn hubo tendencia a ser superiores (Pogge *et al.* 2012).

Las concentraciones de microelementos en tejido hepático (tabla 3) tuvieron diferencias estadísticas en los niveles de Zn ($P < 0.05$), Cu y Mn ($P < 0.001$), a favor de los animales tratados con el compuesto inyectable de estos microelementos. En todos los casos, sus concentraciones hepáticas alcanzaron valores superiores a los de los límites fisiológicos de la especie bovina, informados por García *et al.* (2012a) al estudiar la suplementación con Cu en vacas lecheras.

Las concentraciones de Zn y Cu en hígado en esta investigación están en correspondencia con otras publicaciones que señalan que el Zn hepático fluctúa entre 100 a 400 mg/kg en base seca, y el Cu entre 200 y 300 mg/kg. Las concentraciones se hacen tóxicas, cuando los niveles en ese órgano exceden los 900 mg/kg sobre base seca (McDowell y Arthington 2005).

En este estudio, los niveles hepáticos de Mn están en correspondencia con los informados por NRC (2001), y oscilan entre 10 a 24 mg/kg en base seca. Además, las concentraciones de Mn en el hígado son directamente

TABLE 2. Effect of parenteral supplementation of different concentrations of microelements over blood levels of Zn, expressed in $\mu\text{mol/L}$

Treatment	Days after treatments				
	0	15	30	45	60
A	12.22	12.22 ^b	11.69 ^b	11.75 ^b	11.77
B	12.19	12.45 ^b	12.99 ^b	12.45 ^b	12.19
C	12.38	14.84 ^a	15.15 ^a	13.14 ^a	12.09
D	12.44	15.15 ^a	15.05 ^a	13.33 ^a	12.31
± SE	0.17	0.21	0.16	0.21	0.19

^{a, b} Different letters in superscripts within the same column indicate significant differences $P < 0.05$ (Duncan 1955). A: Control. B: 25 mg of Cu, 50 mg of Zn and 25 of Mn. C: 50 mg of Cu, 100 mg of Zn and 50 mg of Mn. D: 75 mg of Cu, 150 mg of Zn and 75 mg of Mn. SE: standard error

TABLE 3. Performance of Cu, Zn and Mn concentrations in hepatic tissues of animals parenterally treated with 50 mg of Cu, 100 mg of Zn and 50 mg of Mn.

Variables	Groups			± EE
	CL	Control± DE	Treated± DE	
Cu (ppm)	75	57.55	202.93	12.67***
Zn (ppm)	160	165.7	253.72	19.48*
Mn (ppm)	6	5.17	10.97	0.27*

^{a, b} Different letters in the same row indicate significant statistical differences, * $P < 0.05$, *** $P < 0.001$ according to (t-Student), SE: standard error, CL: critical limit

are directly proportional to those of this mineral on the consumed feed.

C treatment (50 mg of Cu, 100 mg of Zn and 50 mg of Mn) was used for evaluating concentration of those mineral on hepatic tissue because serum concentrations of Cu and Zn of animals supplemented with this treatment differed significantly from the group of cows treated with D dose. In addition, in C treatment, a lower concentration of microelements under study was used, so it was more economic.

Determination of hepatic concentrations is the most precise method for evaluating organic reserves of these minerals, especially Cu and Zn, and also for determining the efficiency of the supplementation because the liver is the reserve organ and it is the accurate indicator of the state of these minerals in the organism (Rosa *et al.* 2008).

Reproductive performance of these animals was favored by treatments with 50, 100, 50; 75, 150, 75 mg of Cu, Zn and Mn, respectively (table 4). In these treatments, there was a significant ($P < 0.001$) reduction of the PFIP, SP, PPP and II, regarding the group control and that of lowest concentration.

proporcionales a las de ese mineral en el alimento consumido.

Se utilizó el tratamiento C (50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn) para evaluar las concentraciones de esos minerales en tejido hepático, ya que las concentraciones séricas de Cu y Zn de los animales suplementados con este tratamiento difirieron significativamente del grupo de vacas tratadas con la dosis D. Además, en el tratamiento C, se empleó una concentración menor de los micro elementos en estudio y por tanto, más económica.

La determinación de las concentraciones hepáticas es el método más preciso para evaluar las reservas orgánicas de estos minerales, especialmente de Cu y Zn, y también para determinar la eficacia de la suplementación efectuada, pues es el hígado el órgano de reserva y verdadero indicador del estado de estos minerales en el organismo (Rosa *et al.* 2008).

El comportamiento reproductivo de los animales se favoreció por los tratamientos con 50, 100, 50; 75, 150, 75 mg de Cu, Zn y Mn, respectivamente (tabla 4). En estos tratamientos se redujo significativamente ($P < 0.001$) el IPPI, PS, IPP y el II, con respecto al grupo

Table 4. Effect of parenteral supplementation of different concentrations of microelements over the main reproductive indicators

Reproductive indexes	Treatments				± SE
	A	B	C	D	
PFIP (days)	179.00 ^b	168.00 ^b	128.6 ^a	114.42 ^a	8.89
SP (days)	211.00 ^b	201.00 ^b	139.50 ^a	136.00 ^a	11.31
PPP (days)	490.60 ^b	484.62 ^b	420.62 ^a	417.00 ^a	11.26
II (U)	2.00	1.75	1.50	1.42	0.29

^{a, b} Different letters in superscripts within the same column indicate significant differences $P < 0.05$ (Duncan 1955). A: Control. B: 25 mg of Cu, 50 mg of Zn and 25 of Mn. C: 50 mg of Cu, 100 mg of Zn and 50 mg of Mn. D: 75 mg of Cu, 150 mg of Zn and 75 mg of Mn. SE: standard error

Supplementation of a mineral compound of Zn, Cu, Mn and Co glucoheptonate reduced parturition-first insemination periods and parturition-gestation in 12 and 62 d, respectively, in milking cows, compared with the group that received no treatment. In the supplemented animals, conception services were 1.80 and, in control group, 2.60, as reported by Uchida *et al.* (2001).

According to reports of Campbell *et al.* (1999), in an experiment in which inorganic and organic

control y el de menor concentración.

La administración de un compuesto mineral de Zn, Cu, Mn y glucoheptonato de Co en vacas lecheras redujo los intervalos parto primer servicio y parto gestación en 12 y 62 d, respectivamente, en comparación con el grupo que no recibió tratamiento. En los animales suplementados, los servicios por concepción fueron de 1.80 y en grupo control, de 2.60 según refirieron Uchida *et al.* (2001).

De acuerdo con informes de Campbell *et al.* (1999),

minerals were supplemented to cows with voluntary waiting periods of 60 d, there were no differences in days at the first service, parturition-conception periods and first service to gestation, and services per gestation among animals, according to the mineral source.

In Cuba, injectable Cu supplementation favored reproductive performance of animals with hypocupremic and normal-cupremic animals, with cupremia next to 14 $\mu\text{mol/L}$ / L (García *et al.* 2012b). Parenteral supply of 50 mg Cu in female bovines at eight months of gestation, without knowing the state of serum Cu, favored postpartum reproductive performance (Figueredo 2016).

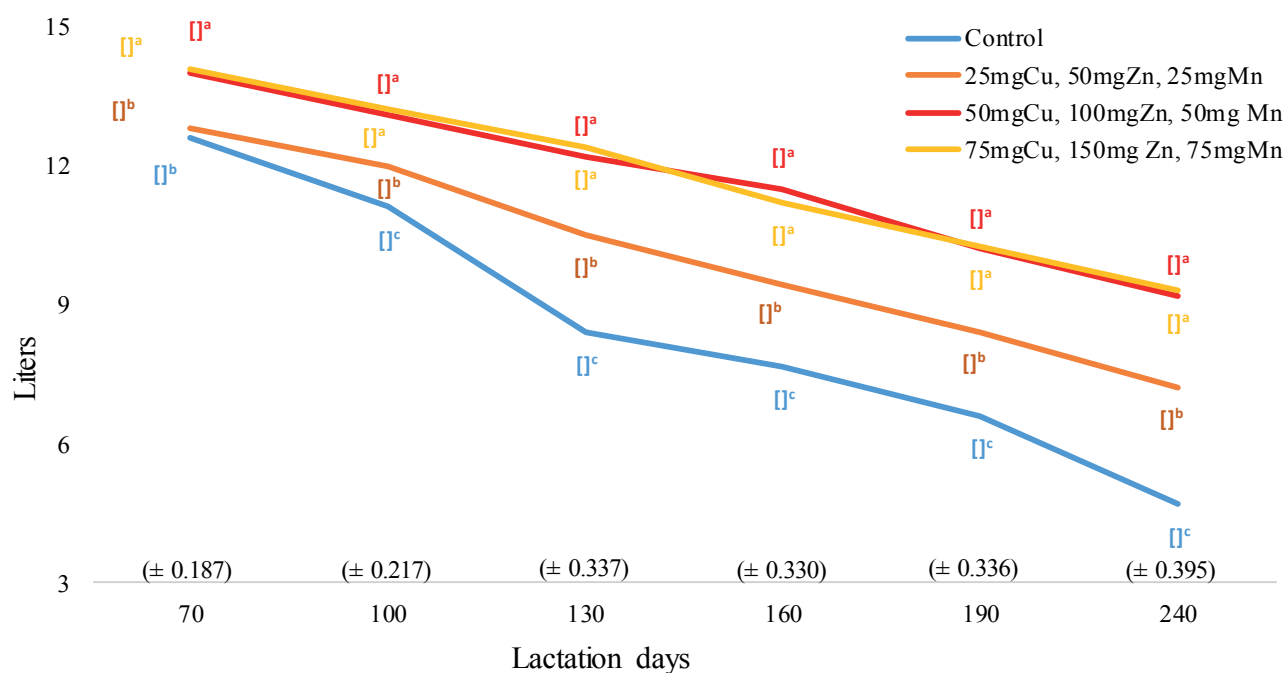
Milk production means of groups supplemented with 50, 100, 50; 75, 150, 75 mg of Cu, Zn and Mn, respectively, had no significant differences. However, there were differences regarding control group and that of lower concentration of Cu, Zn and Mn (figure 1).

en un experimento en el que se suplementaron minerales inorgánicos y orgánicos a vacas con período de espera voluntario de 60 d no hubo diferencias en días al primer servicio, intervalos parto concepción y primer servicio a la gestación, y servicios por gestación entre los animales, según la fuente mineral.

En Cuba, la suplementación de Cu inyectable favoreció el comportamiento reproductivo de los animales hipo y normocupremicos, con cupremias próximas a 14 $\mu\text{mol/L}$ (García *et al.* 2012b). La administración parenteral de 50 mg de Cu en las hembras bovinas a los ocho meses de gestación, sin conocerse el estado del Cu sérico favoreció el comportamiento reproductivo posparto (Figueredo 2016).

Las medias de producción de leche de los grupos suplementados con 50, 100, 50; 75, 150, 75 mg de Cu, Zn y Mn, respectivamente no difirieron de manera significativa, pero sí con respecto al grupo control y al de menor concentración de Cu, Zn y Mn (figura 1).

El aumento significativo en la producción láctea de



^{a, b}Means with superscript have statistical differences among lactation times at $P < 0.05$ (Duncan 1955)

Figure 1. Effect of different doses of mineral supplement on milk production (SE)

Significant increase of milk production of groups supplemented with 50, 100, 50; 75, 150, 75 mg of Cu, Zn and Mn, respectively, regarding control group and that of the lowest applied doses, could be favored by the significant increase provoked by supplementation to blood and hepatic concentrations of Cu (table 1) and Zn (table 2).

Rises of milk production increased mineral requirements and marginal deficiencies of microelements, decreased productive levels and affected the functioning of many enzymes and proteins, involving different physiological, biochemical and metabolic processes, as well as the functioning of

los grupos suplementados con 50, 100, 50; 75, 150, 75 mg de Cu, Zn y Mn respectivamente, con respecto al grupo control y al de menor dosis aplicada, se pudo favorecer por el incremento significativo que provoca la suplementación en las concentraciones sanguíneas y hepáticas de Cu (tabla 1) y Zn (tabla 2).

Los incrementos en la producción láctea aumentaron los requerimientos minerales y deficiencias marginales de microelementos, disminuyeron los niveles productivos y afectaron el funcionamiento de numerosas enzimas y proteínas, que involucran a diferentes procesos fisiológicos, bioquímicos y metabólicos, así como el funcionamiento del sistema inmune que contribuyen

immune system, contributing to decrease productive potential and defenses of the organism (McDowell & Arthington 2005).

Cu requirements during lactation are 0.15 mg/kg of milk produced during early lactation (< 100 days). Levels of 0.5 mg of Cu are introduced to fetus, placenta and uterine tissues every day, increasing the requirements from 1.5 to 2 mg/day during the last month of gestation. Mn requirements during gestation grow up to 0.3 mg/day at the end of it, and its concentrations are 0.16 mg/kg in colostrum and 0.03 mg/kg in milk. Those of Zn, 12 mg/day are retained during gestation up to 190 days and at the end of it are duplicated (ARC & CAB 1980). Zn content in milk is 4 mg/kg, ranging from 3.4 to 5.8 mg/kg (NRC 2001).

Therefore, transition period increases Cu, Zn and Mn requirements in milking cows and it is the most adequate moment for its supplementation. Similar results to those of this experiment were obtained in the supply of 50 mg of Cu, parenterally, in female bovines at eight months of gestation. It produced an increase of cupremia, immunoglobulin, decreases mastitis and favored postpartum reproductive performance (Figueredo 2016).

Oral mineral supplementation to milking cows, three weeks before parturition, increase milk production in the moment of lactation peak (Kincaid & Socha 2004), between 2.9 and 3.2 % in the thirteenth week (Siciliano-Jones *et al.* 2008) and in the fourteenth week (Hackbart *et al.* 2010).

Supplementing an amino acid complex including Zn, Cu and Mn favors dry matter intake and the functioning of many metalloenzymes like Cu-Zn-superoxide dismutase, carbonic anhydrase, alcohol dehydrogenase, carboxypeptidase, alkaline phosphatase and RNA polymerase, which act on metabolism of carbohydrates, proteins, lipids and nucleic acids, improving the performance of milking cows (NRC 2001).

Benefits of organic supplements of Cu, Zn and Mn include prevention of mastitis, improvement of fertility and reduction of incidences of podal injuries (Uchida *et al.* 2001, Kellogg *et al.* 2003, 2004), digestibility of nutrients and udder health (Machado *et al.* 2014).

Zn-deficient animals have a low intake and deficient use of nutrients (McDowell & Arthington 2005). In this sense, Rosa *et al.* (2008) state that even with initial symptoms of Zn deficiency, there is a reduction of food efficiency and low production and secretion of hormones.

It can be concluded that parenteral supplementation of 50 mg of Cu, 100 mg of Zn and 50 mg of Mn in milking cows from 8 months of gestation was the most efficient to reestablish organic levels of these microelements and favors reproductive and productive performance of treated animals.

a disminuir el potencial productivo y las defensas del organismo (McDowell & Arthington 2005).

Los requerimientos de Cu durante la lactación son de 0.15 mg/kg de leche producida en la lactancia temprana (< 100 días). Niveles de 0.5 mg de Cu son incorporados en el feto, la placenta, y tejidos uterinos cada día, incrementando los requerimientos entre 1.5 a 2 mg/día durante el último mes de gestación. Los requerimientos de Mn durante la gestación ascienden hasta cerca de 0.3 mg/día al final de la misma y sus concentraciones son de 0.16 mg/kg en el calostro y 0.03 mg/kg en leche. Del Zn se retienen 12 mg/día durante la gestación hasta los 190 días y al final de la misma se duplican (ARC & CAB 1980). El contenido de Zn en la leche es de 4 mg/kg con un rango que puede ir de 3.4 a 5.8 mg/kg (NRC 2001).

Por esta razón, el periodo de transición aumenta los requerimientos de Cu, Zn y Mn en la vaca lechera y es el momento más adecuado para suplementarlos. Resultados similares a los de este experimento se obtuvieron con la administración de 50 mg de Cu por vía parenteral en las hembras bovinas a los ocho meses de gestación, donde la misma produjo un incremento de la cupremia, las inmunoglobulinas, disminuyó la mastitis y favoreció el comportamiento reproductivo posparto (Figueredo 2016).

La suplementación mineral por vía oral a vacas lecheras tres semanas antes del parto incrementó la producción de leche en el momento del pico de lactancia (Kincaid & Socha 2004), entre 2.9 y 3.2 % en la décimo tercera semana (Siciliano-Jones *et al.* 2008) y en la decimocuarta semana (Hackbart *et al.* 2010).

El suministro de un complejo de aminoácidos complejados con Zn, Cu y Mn facilitan el consumo de materia seca, y el funcionamiento de muchas metaloenzimas como la Cu-Zn-superóxidodismutasa, carbonilanhidrasa, alcohol dehidrogenasa, carboxipeptidasa, alcalina fosfatasa y RNA polimerasa, las cuales actúan sobre el metabolismo de los carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, mejorando así el comportamiento de la vaca lechera (NRC 2001).

Los beneficios de los suplementos orgánicos de Cu, Zn y Mn incluyen la prevención de la mastitis, mejora en la fertilidad y reducción de la incidencia de lesiones pódalas (Uchida *et al.* 2001, Kellogg *et al.* 2003, 2004), la digestibilidad de los nutrientes y la salud de la ubre (Machado *et al.* 2014).

Los animales deficientes en Zn, realizan un bajo consumo y deficiente uso de los nutrientes (McDowell & Arthington 2005); en este sentido Rosa *et al.* (2008), añaden que aun con síntomas iniciales de deficiencia de Zn existe reducción en la eficiencia alimenticia y baja producción y secreción de hormonas.

Se concluye que la suplementación parenteral de 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn en vacas lecheras a partir de los 8 meses de gestación resultó la más eficaz para restablecer los niveles orgánicos de estos microelementos y favorece el comportamiento reproductivo y productivo de los animales tratados.

References

- ARC (Agricultural Research Council) & CAB (Commonwealth Agricultural Bureaux) 1980. The Nutrient requirements of ruminant livestock: technical review. Great Britain: Agricultural Research Council - Commonwealth Agricultural Bureaux, 376 p., ISBN: 978-0-85198-459-9, Available: <https://books.google.com.cu/books?id=m2g_AAAAYAAJ&source=gb_s_navlinks_s&redir_esc=y>, [Consulted: June 23, 2016].
- Brito, C. R. 2010. Patología de la reproducción animal. call no. 636, La Habana, Cuba: Félix Varela, 369 p., ISBN: 978-959-07-1279-1.
- Campbell, M. H., Miller, J. K. & Schrick, F. N. 1999. "Effect of Additional Cobalt, Copper, Manganese, and Zinc on Reproduction and Milk Yield of Lactating Dairy Cows Receiving Bovine Somatotropin". *Journal of Dairy Science*, 82(5): 1019–1025, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75322-1.
- Duncan, D. B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1–42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.
- Fajardo, H., Viamonte, M. I., Rondón, G., García, L. R., Gutiérrez, O., Sánchez, M. & González, N. 2011. "Hembras bovinas lecheras en pastoreo en el Valle del Cauto. II. Caracterización del perfil metabólico y su influencia en la reproducción". *Ciencia y Tecnología Ganadera*, 5(2–3): 113–123, ISSN: 1999-4494, 1998-3050.
- Figueredo, Y. 2016. Efecto del cobre parenteral en las inmunoglobulinas séricas, mastitis subclínica y comportamiento reproductivo de vacas preparto Siboney de Cuba. M.Sc. Thesis, Centro de Investigaciones para el mejoramiento Animal en la Ganadería tropical (CIMAGT), La Habana, Cuba, 68 p.
- Galindo, J., Gutiérrez, O., Ramayo, M. & Leyva, L. 2014. "Mineral status of cows and its relationship with the soil-plant system in a dairy unit of the Eastern region of Cuba". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(3): 241–245, ISSN: 2079-3480.
- García, D. J. R., Joseph, A. J., Cuesta, M. M., Quiñones, R. R., Munyori, N. H., Figueredo, R. J. M. & Mollineda, T. Á. 2012a. "Effects of parenteral supplementation of Cu in female cattle with different levels of cupremia". *Archives Animal Breeding*, 55(2): 113–122, ISSN: 0003-9438.
- García, D. J. R., Munyori, N. H., Cuesta, M. M., Quiñones, R. R., Figueredo, R. J. M., Noval, A. E. & Mollineda, T. Á. 2012b. "Therapeutic efficacy and pharmacological safety of parenteral supplementation of different concentrations of copper in cows". *Archives Animal Breeding*, 55(1): 25–35, ISSN: 0003-9438.
- García, J. R., Cuesta, M., García López, R., Quiñones, R., Figueredo, J. M., Faure, R., Pedroso, R. & Mollineda, Á. 2010a. "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, ISSN: 2079-3480.
- García, J. R., García López, R., Cuesta, M., Figueredo, J. M., Quiñones, R., Faure, R., Pedroso, R. & Mollineda, Á. 2010b. "Blood copper levels and their influence on reproductive indicators of cows in tropical conditions". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 44(3): 233–239, ISSN: 2079-3480.
- Genther, O. N. & Hansen, S. L. 2014. "A multielement trace mineral injection improves liver copper and selenium concentrations and manganese superoxide dismutase activity in beef steers". *Journal of Animal Science*, 92(2): 695–704, ISSN: 0021-8812, 1525-3163, DOI: 10.2527/jas.2013-7066.
- Hackbart, K. S., Ferreira, R. M., Dietsche, A. A., Socha, M. T., Shaver, R. D., Wiltbank, M. C. & Fricke, P. M. 2010. "Effect of dietary organic zinc, manganese, copper, and cobalt supplementation on milk production, follicular growth, embryo quality, and tissue mineral concentrations in dairy cows". *Journal of Animal Science*, 88(12): 3856–3870, ISSN: 0021-8812, 1525-3163, DOI: 10.2527/jas.2010-3055.
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D. & Castro, S. N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93 p., ISBN: 978-959-7023-77-7.
- Kellogg, D. W., Socha, M. T., Tomlinson, D. J. & Johnson, A. B. 2003. "Effects of Feeding Cobalt Glucoheptonate and Metal Specific Amino Acid Complexes of Zinc, Manganese, and Copper on Lactation and Reproductive Performance of Dairy Cows". *The Professional Animal Scientist*, 19(1): 1–9, ISSN: 1080-7446, 1525-318X, DOI: 10.15232/S1080-7446(15)31367-X.
- Kellogg, D. W., Tomlinson, D. J., Socha, M. T. & Johnson, A. B. 2004. "Effects of Zinc Methionine Complex on Milk Production and Somatic Cell Count of Dairy Cows: Twelve-Trial Summary". *The Professional Animal Scientist*, 20(4): 295–301, ISSN: 1080-7446, DOI: 10.15232/S1080-7446(15)31318-8.
- Kincaid, R. L. & Socha, M. T. 2004. "Inorganic Versus Complexed Trace Mineral Supplements on Performance of Dairy Cows". *The Professional Animal Scientist*, 20(1): 66–73, ISSN: 1080-7446, DOI: 10.15232/S1080-7446(15)31274-2.
- Machado, V. S., Oikonomou, G., Lima, S. F., Bicalho, M. L. S., Kacar, C., Foditsch, C., Felipe, M. J., Gilbert, R. O. & Bicalho, R. C. 2014. "The effect of injectable trace minerals (selenium, copper, zinc, and manganese) on peripheral blood leukocyte activity and serum superoxide dismutase activity of lactating Holstein cows". *The Veterinary Journal*, 200(2): 299–304, ISSN: 1090-0233, DOI: 10.1016/j.tvjl.2014.02.026.
- McDowell, L. R. & Arthington, J. D. 2005. *Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales*. 4th ed., E.E.U.U: University of Florida-IFAS, 91 p.
- Miles, P. H., Wilkinson, N. S. & McDowell, L. R. 2001. *Analysis of minerals for animal nutrition research*. 3rd ed., Gainesville, USA: Department of Animal Science, University of Florida.
- Nayeri, A., Upah, N. C., Sucu, E., Sanz-Fernandez, M. V., DeFrain, J. M., Gorden, P. J. & Baumgard, L. H. 2014. "Effect of the ratio of zinc amino acid complex to zinc sulfate on the performance of Holstein cows". *Journal of Dairy Science*, 97(7): 4392–4404, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.2013-7541.
- Nemec, L. M., Richards, J. D., Atwell, C. A., Diaz, D. E., Zanton, G. I. & Gressley, T. F. 2012. "Immune responses in lactating Holstein cows supplemented with Cu, Mn, and Zn as sulfates or methionine hydroxy analogue chelates". *Journal of Dairy*

- Science, 95(8): 4568–4577, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.2012-5404.
- Noval, A. E., García, D. J. R., García, L. R., Quiñones, R. R. & Mollineda, T. Á. 2014. “Caracterización de algunos componentes químicos, en suelos de diferentes agroecosistemas ganaderos”. *Centro Agrícola*, 41(1): 25–31, ISSN: 2072-2001, 0253-5785.
- NRC (National Research Council) (ed.). 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th ed., call no. SF203 .N883 2001, Washington, D.C: National Academy Press, 381 p., ISBN: 978-0-309-06997-7.
- Parker, R. 1989. “Body condition scoring of dairy cattle”. *Factsheet*, 410/20, ISSN: 1198-712X.
- Pogge, D. J., Richter, E. L., Drewnoski, M. E. & Hansen, S. L. 2012. “Mineral concentrations of plasma and liver after injection with a trace mineral complex differ among Angus and Simmental cattle”. *Journal of Animal Science*, 90(8): 2692–2698, ISSN: 0021-8812, 1525-3163, DOI: 10.2527/jas.2011-4482.
- Rosa, D. E., Fazzio, L. E., Picco, S. J., Furnus, C. & Mattioli, G. A. 2008. “Metabolismo y deficiencia de zinc en bovinos”. *Analecta Veterinaria*, 28(2): 34–44, ISSN: 1514-2590.
- Siciliano-Jones, J. L., Socha, M. T., Tomlinson, D. J. & DeFrain, J. M. 2008. “Effect of Trace Mineral Source on Lactation Performance, Claw Integrity, and Fertility of Dairy Cattle”. *Journal of Dairy Science*, 91(5): 1985–1995, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.2007-0779, PMID: 18420629, 18420629.
- Sotolongo, J. 2007. *Medicina interna veterinaria*. La Habana, Cuba: Félix Varela, ISBN: 978-959-07-0549-6.
- Spears, J. W. & Weiss, W. P. 2008. “Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows”. *The Veterinary Journal*, 176(1): 70–76, ISSN: 1090-0233, DOI: 10.1016/j.tvjl.2007.12.015.
- StatPoint Technologies 2010. *Statgraphics Centurion*. (ser. Centurion), version 16.1 (XV), [Windows], Available: <<http://statgraphics-centurion.software.informer.com/download/>>.
- Uchida, K., Mandebvu, P., Ballard, C. S., Sniffen, C. J. & Carter, M. P. 2001. “Effect of feeding a combination of zinc, manganese and copper amino acid complexes, and cobalt glucoheptonate on performance of early lactation high producing dairy cows”. *Animal Feed Science and Technology*, 93(3–4): 193–203, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/S0377-8401(01)00279-6.
- Valera, M., Gutiérrez, O., Gallego, C., Oramas, A. & Sánchez, L. 2011. “Macro y microelementos sanguíneos en rebaños lecheros en pastoreo, pertenecientes al Instituto de Ciencia Animal. Nota técnica”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(2): 121–122, ISSN: 2079-3480.

Received: March 20, 2015

ARTICULOS GENERALES

Caracterización de algunos componentes químicos, en suelos de diferentes agroecosistemas ganaderos

Characterization of some chemical components, in the soil of different agro- ecosystems of cattle farms

Ernesto Noval-Artiles¹, Juan Ramón García-Díaz¹, Roberto García-López², Reinaldo Quiñones-Ramos¹ y Ángel Mollineda-Tujillo³

¹Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Cuba

²Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba

³Centro de Investigaciones Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Cuba

E-mail: ernestona@uclv.edu.cu

RESUMEN. Se caracterizó la concentración de algunos componentes químicos en suelos de agroecosistemas destinados a la ganadería con diferentes relieves, uno ubicado en el llano y otro en la zona de premontaña. Se determinó materia orgánica, pH, P_2O_5 , K_2O , Cu, Zn, Fe y Mn. Los estadísticos descriptivos fueron calculados para todas las variables; mediante una prueba de t-Student para muestras independientes, se compararon las variables determinadas entre los periodos lluvioso y poco lluvioso. En el agroecosistema de llanura el 24,5, 75,4, 20,7, 41,5, 33,9 y 56,6 % de las muestras se encontraban por debajo del límite crítico para materia orgánica, P_2O_5 , K_2O , Cu, Mn y Zn, respectivamente. En la premontaña las concentraciones de la materia orgánica y los elementos químicos mencionados fueron deficientes en un 25, 80, 42,5, 7,5 y 25 %, y el 2,5 % en las muestras de Fe. Se encontraron niveles significativos de Cu para el periodo lluvioso, mientras que en el agroecosistema de llanura la significación fue del Mn para el periodo poco lluvioso. Los menores valores significativos del Cu, Fe y Mn en la premontaña fueron para el periodo poco lluvioso, al contrario del P_2O_5 , que se manifestó con los menores valores durante el periodo lluvioso. Se concluye que independiente del agroecosistema se encontraron porcentajes de muestras de suelo deficientes, igualmente existió variación significativa en los niveles de esos minerales en dependencia de la época.

Palabras clave: suelo, agroecosistema, cinc, cobre, manganeso.

ABSTRACT. The concentration of some chemical components was characterized, in soils of an agro-ecosystem of a cattle farm with different reliefs, one located in the plains and another in a hilly area. The statistical descriptive variables were calculated for organic matter, pH, P_2O_5 , K_2O , Cu, Zn, Fe and Mn; by means of a t-Student test for independent samples, the variables were compared among the rainy and dry seasons. In the agro-ecosystem of the plains the 24.5, 75.4, 20.7, 41.5, 33.9 and 56.6 % of the samples were below the critical limit for organic matter, P_2O_5 , K_2O , Cu, Mn and Zn, respectively. In the hilly region the concentrations of the organic matter and the mentioned chemical elements were deficient in a 25, 80, 42.5, 7.5 and 25 %, and 2.5 % in the samples of Fe. They were significant levels of Cu for the rainy season, while in the Mn was significant in the dry season for the agro-ecosystem of the plains, while in the hilly region there were small significant values in the Cu, Fe and Mn in the dry season, on the contrary of the P_2O_5 that showed small values during the rainy season. It concludes that independent in the agro-ecosystems that there were deficiencies in a percent of the soil samples, equally significant variation existed in the levels of the minerals in conjunction with the season.

Key words: soil, agro-ecosystem, zinc, copper, manganese.

INTRODUCCIÓN

La naturaleza del suelo juega un papel fundamental en la disponibilidad de micronutrientes, y en su comportamiento a nivel suelo-planta, el cobre,

hierro, manganeso y zinc son cuatro metales esenciales para el crecimiento vegetal. A pesar de las pequeñas cantidades requeridas por las plantas,

los suelos agrícolas suelen ser deficitarios en uno o más micronutrientes de forma que su concentración en los tejidos de los vegetales cae por debajo de los niveles que permiten un crecimiento óptimo. (Roca *et al.*, 2007)

La degradación de los suelos y la insuficiente atención a los procesos que la ocasionan, comprometen seriamente a la agricultura cubana y a la de la mayoría de los países de la región tropical. (MINAGRI 2001 y Vargas 2008)

En Cuba Muñoz y Compte (2008) identificaron las características generales de los sistemas agropecuarios en sus dimensiones productivas, económicas, sociales y ecológica; dentro de está última, los describen en suelos con índices elevados de degradación por erosión, compactación, bajo contenido de materia orgánica, alta acidez o alcalinidad, pobre cobertura vegetal herbácea y arbórea, escasa biodiversidad, con deterioro de las fuentes de abasto de agua, gran fragilidad y baja resiliencia.

El análisis detallado de los resultados obtenidos en los mapas de suelos de Cuba, a escala 1: 50 000 y 1: 25 000, indica que el 74 % de los mismos resultan poco o muy poco productivos, el 48,8 % son de baja fertilidad natural, el 69,6 % muestran bajo contenido de materia orgánica, 43,3 % presentan

erosión de fuerte a media, 14,9 % son salinos y 40,3 % ácidos. (Soca *et al.* 2008)

Entre los años 1979 y 2003, se comprobó una tendencia creciente a la disminución de los contenidos de P_2O_5 y K_2O en los suelos destinados a la ganadería, siendo extremadamente agudos los bajos contenidos de potasio y la baja fertilidad general en las áreas de forraje, campos de semilla y pastoreo intensivo (Crespo 2009). Estudios realizados por García *et al.* (2010) en suelos pardos con carbonato reportaron deficiencias de Cu en el 100 % de las muestras mientras que en los microelementos Zn y Mn las deficiencias fueron de 61 y 67 %, respectivamente.

Las limitaciones mencionadas trajo consigo la disminución significativa de la eficiencia reproductiva de los rebaños bovinos (MINAGRI 2005), no obstante, el principal factor limitante del desempeño reproductivo en las hembras bovinas lo constituye la alimentación deficiente y dentro de ella, las deficiencias minerales (Alfonso *et al.* 2007). Los signos de estas deficiencias pueden ocurrir en el ganado que consume forrajes provenientes de suelos deficientes en minerales. (NRC, 2001)

Debido a lo anteriormente expuesto el trabajo tuvo como objetivo caracterizar la concentración de algunos componentes químicos, en suelos de diferentes agroecosistemas ganaderos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en cinco unidades de producción de dos agroecosistemas ganaderos, típicos de la ganadería bovina en la provincia de Villa Clara. Uno ubicado en la llanura (Unidad Básica de Producción Cooperativa “Desembarco del Granma”) y el otro en zonas de premontaña pertenecientes a la empresa pecuaria “La Vitrina”.

En el área experimental predominan los suelos pardos con carbonatos, de rápida desecación, arcillosos y profundos sobre rocas calizas; estos suelos son equivalentes al grupo de los Cambisoles en el sistema de clasificación de suelos FAO-UNESCO. (Hernández *et al.* 2005)

Se utilizaron cinco unidades pecuarias representativas, dos vaquerías y un centro de novillas en el agroecosistema de llanura, mientras

que en el agroecosistema de premontaña se investigaron los suelos de dos vaquerías, determinándose la composición mineral de los mismos.

Para la obtención de las muestras de suelo se siguieron los procedimientos descritos por Rodríguez (2000), las que después de secadas al aire se pasaron por un tamiz con malla de 0.5 mm. A las muestras se les determinó la materia orgánica mediante el método colorimétrico de Walkley y Black (citado por Jackson, 1970) y el pH por el método potenciométrico, según la NRAG 878/1987; el P_2O_5 y K_2O fue mediante fotolorimetría, por el método de Oniani (1964) y los minerales trazas (Cu, Zn, Fe y Mn) se evaluaron por espectrofotometría de absorción atómica, según la NRAG 894/1988.

Para los procesamiento estadísticos fue empleado el paquete estadístico Statgraphics Centurión XV ver. II. Se calcularon los estadísticos descriptivos mediante una prueba de t-Student para muestras

independientes y compararon las variables determinadas entre los periodos lluvioso y poco lluvioso de cada ecosistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del análisis químico del suelo en el ecosistema de llanura (tabla 1) ofreció valores de materia orgánica (MO) de $4,94 \pm 0,98$; aunque el 24,5 % de las muestras presentaron valores superiores al 5 %, considerado el límite crítico para este tipo de suelo (Cairo y Fundora, 2005) son superiores a los reportados en otros trabajos. (Vargas *et al.* 2002 y Rodríguez *et al.* 2006)

El pH de este ecosistema se clasifica de ligeramente ácido y están en correspondencia con otros estudios desarrollados sobre suelos pardos con carbonatos. (Vargas *et al.* 2002; Rodríguez *et al.* 2006)

El P se encuentra deficiente en el 75,4 % de las muestras examinadas, con valores promedios muy bajos en relación con el límite de deficiencia de este mineral en el suelo, aunque están en correspondencia con los obtenidos en otros trabajos realizados bajo condiciones similares (Vargas, 2008; García, 2008). Este resultado corrobora la afirmación de que el P es uno de los elementos más deficitarios en los suelos ganaderos de Cuba (Crespo y Duran, 1990). En cambio las concentraciones promedios de K_2O son consideradas altas y coinciden con estudios realizados por Fundora y Yepis (2000); Vargas (2008) y García (2008), aunque el 20,7 % de las muestras presenta valores deficientes.

Tabla 1. Estadística descriptiva de algunas variables químicas del suelo en las unidades investigadas en el agroecosistema de llanura (n=35)

Variable	$\bar{x} \pm DE$	IC 95%	LC*	Muestras	
				n	%
MO (%)	$4,94 \pm 0,98$	4,03 – 5,34	< 5	13	24,50
pH	$6,25 \pm 0,67$	6,08 – 6,42	–		
P_2O_5 (mg/100g)	$10,72 \pm 4,04$	7,70 – 11,74	15	40	75,40
K_2O (mg/100g)	$14,81 \pm 5,64$	13,31 – 16,31	10	11	20,70
Cu (ppm)	$1,37 \pm 1,25$	1,02 – 1,71	0,60	22	41,50
Fe (ppm)	$19,23 \pm 8,16$	16,43 – 22,03	2,50	0	0
Mn (ppm)	$37,21 \pm 17,86$	32,20 – 42,13	19	18	33,90
Zn (ppm)	$2,05 \pm 0,91$	1,19 – 2,30	2	30	56,60

Los niveles críticos de minerales en el suelo que son sugestivos de deficiencias son establecidos según McDowell y Arthington (2005)

Se encontraron deficiencias de Cu, Mn y Zn en el 41,5, 33,9 y 56,6 % respectivamente de las muestras investigadas, con valores inferiores a los niveles críticos establecidos por McDowell y Arthington (2005) para los mismos. Los resultados obtenidos en el Mn y el Zn coinciden con los reportados para ecosistemas localizados en la misma región (García, 2008); este autor reportó un porcentaje de muestras deficientes en Cu superior a lo encontrado en la presente investigación, aunque en la misma se corrobora que la carencia de este microelemento en el suelo está ampliamente distribuida en las regiones tropicales. (Tiffany *et al.* 2000; McDowell y Arthington, 2005; Kalmbacher *et al.* 2005)

La disminución en este agroecosistema de los valores de Cu y los altos niveles de materia orgánica presentes en el mismo, provocan que al formarse uniones muy fuertes entre ambas partículas, este elemento no sea asimilable por la planta por lo que no llega al animal, situación ésta observada con anterioridad por Arthington (2003).

En el ecosistema de montaña la situación es similar en cuanto al P, con marcadas deficiencias de este mineral; sin embargo, en estas condiciones se detectó un porcentaje de muestras deficientes en K_2O (42,5 %) significativamente superior al del ecosistema de llanuras ($P < 0,05$) e inferior en los casos de Cu ($P < 0,05$), Mn y Zn ($P < 0,01$) (tabla 2). Lo anterior demuestra las variaciones de estos minerales en los diferentes ecosistemas estudiados.

Tabla 2. Estadística descriptiva de algunas variables químicas del suelo en las unidades investigadas en el agroecosistema de premontaña (n=40)

Variable	$\bar{x} \pm DE$	IC 95%	LC*	Muestras	
				n	%
MO (%)	4,51 \pm 1,12	3,94 – 5,21	< 5	10	25
pH	5,24 \pm 0,7	5,03 – 5,46	-		
P ₂ O ₅ (mg/100g)	8,40 \pm 3,86	7,17 – 9,64	15	32	80
K ₂ O (mg/100g)	15,54 \pm 8,93	13,05 – 18,02	10	18	42,50
Cu (ppm)	2,88 \pm 1,34	2,45 – 3,31	0,6	9	22,50
Fe (ppm)	21,48 \pm 7,84	18,97 – 23,99	2,5	1	2,50
Mn (ppm)	51,09 \pm 11,54	47,40 – 54,78	19	3	7,50
Zn (ppm)	3,08 \pm 1,00	2,44 – 3,725	2	10	25

*Los niveles críticos de minerales en el suelo que son sugestivos de deficiencias son establecidos según McDowell y Arthington (2005)

Los coeficientes de variación (CV) para el Zn (CV = 43.06 y 54.84 %), Cu (CV = 57.70 y 46.53 %), Fe (CV = 42.43 y 36.25 %) y el Mn (CV = 48 y 22.58%) en los ecosistemas de llanura y premontaña respectivamente indican que existe una marcada variabilidad en los niveles de estos microelementos en las muestras investigadas lo que pudo deberse a las características del suelo de donde fueron tomadas, tales como pH, drenaje, relieve, arrastre de las partículas de suelo debido a la acción de las lluvias (McDowell y Arthington, 2005), en el caso de la llanura que manifestó una mayor variación se debió además a que el trabajo con cargas instantáneas superiores al de la premontaña, incidió en la compactación del suelo, lo que reduce la capacidad para retener agua y suministro de oxígeno (Handeh 2003), en el caso de la premontaña donde las áreas de pastoreo tienen un tamaño excesivamente grande, existe pérdida de fertilidad por falta de restitución de los nutrientes del suelo bien sea en forma heces u otro tipo de fertilización (Altieri M. y Yurjevic A., 1991). No obstante, se requieren investigaciones futuras para profundizar en las causas de las variaciones del contenido de microelementos en la zona de estudio.

Las concentraciones de Fe y Mn en ambos ecosistemas son excesivamente altos (McDowell y Arthington, 2005). En el caso del Fe, los resultados son similares a los obtenidos en la Florida por Kalmbacher *et al.* (2005) y pueden condicionar una deficiencia de Cu secundaria en los animales. (McDowell y Arthington, 2005)

Al analizar el efecto de la época del año sobre la composición química del suelo en el ecosistema de llanura se apreció que la misma influyó

significativamente sobre los niveles de Cu ($P < 0,05$) para el periodo lluvioso; mientras que para el Mn ($P < 0,001$) fueron superiores en el periodo poco lluvioso (tabla 3). Sparrow y Uren (2002) encontraron que los niveles de reducción del Mn aumentaron con la temperatura y bajos niveles de pH, ayudado además por la presencia de los organismos vivos del suelo que solubilizan el elemento, sin embargo, el incremento de las concentraciones durante el periodo poco lluvioso pudo deberse a formas del Mn menos biodisponibles producto de una elevación significativa en el valor del pH ($P < 0.001$), el cual pudo estar motivado por el aumento de las bases en el suelo.

La diferencia de pH encontrada en el ecosistema de llanura puede estar dada a causa de que durante las lluvias son removidas las bases del suelo por el agua, entre ellas el K₂O, lo que provoca una disminución del pH en este periodo. (Rodríguez *et al.* 2006)

En el ecosistema de premontaña la época del año influyó de manera significativa sobre los niveles de Cu ($P < 0.001$), Fe ($P < 0.05$) y Mn ($P < 0.05$), a favor del periodo lluvioso (tabla 4). Además, la disponibilidad aumenta a rangos de pH entre 5 a 7 (McCauley *et al.* 2009). Sin embargo, los niveles de P₂O₅ fueron superiores ($P < 0.05$) en el periodo poco lluvioso, el valor del K₂O aumentó para esa misma época, aunque no de forma significativa. Según McCauley *et al.* (2009) el P se encuentra más disponible a un rango de 6 a 7, mientras que el K lo hace a un rango de 6.5 a 8.

Tabla 3. Comparación de los valores de las variables químicas en el componente suelo según el periodo del año en el agroecosistema de llanura

Variable	Periodos	
	Lluvioso $\bar{x} \pm DE$	Poco lluvioso $\bar{x} \pm DE$
MO (%)	3,98 \pm 1,35 ^a	4,21 \pm 1,3 ^a
pH	5,76 \pm 0,73 ^{b***}	6,62 \pm 0,28 ^a
P ₂ O ₅ (mg/100g)	12,67 \pm 12,67 ^a	10,90 \pm 6,95 ^a
K ₂ O (mg/100g)	13,48 \pm 6,54 ^a	15,77 \pm 4,76 ^a
Cu (ppm)	1,92 \pm 1,22 ^{a*}	0,94 \pm 0,71 ^b
Fe (ppm)	26,41 \pm 8,26 ^a	20,70 \pm 7,88 ^a
Mn (ppm)	29,64 \pm 19,08 ^{b***}	47,08 \pm 9,70 ^a
Zn (ppm)	2,06 \pm 0,98 ^a	2,03 \pm 0,86 ^a

a, b medias con letras diferentes en los superíndices indican diferencias estadísticas significativas (t-Student para muestras independientes). * $P < 0.05$, *** $P < 0.001$

Tabla 4. Comparación de los valores de las variables químicas en el componente suelo según el periodo del año en el agroecosistema de premontaña

Variable	$\bar{x} \pm DS$ Periodos	
	Lluvioso	Poco Lluvioso
MO (%)	4,43 \pm 1,65 ^a	4,87 \pm 0,63 ^a
pH	5,14 \pm 0,88 ^a	5,36 \pm 0,89 ^a
P ₂ O ₅ (mg/100g)	7,26 \pm 3,16 ^{b*}	10,51 \pm 5,12 ^a
K ₂ O (mg/100g)	14,14 \pm 8,84 ^a	16,74 \pm 8,99 ^a
Cu (ppm)	3,44 \pm 0,97 ^{a***}	1,83 \pm 1,33 ^b
Fe (ppm)	23,40 \pm 5,79 ^{a*}	17,93 \pm 9,96 ^b
Mn (ppm)	54,00 \pm 6,76 ^{a*}	45,69 \pm 16,21 ^b
Zn (ppm)	3,10 \pm 2,13 ^a	3,05 \pm 1,79 ^a

a, b medias con letras diferentes en los superíndices indican diferencias estadísticas significativas (t-Student para muestras independientes) * $P < 0.05$, *** $P < 0.001$

CONCLUSIONES

Se concluye que independiente del agroecosistema se encontraron porcentos de muestras de suelo deficientes de minerales, igualmente existió variación

significativa en los niveles de esos minerales, en dependencia de la época.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alfonso, A.; A. Figueroa; T. García; I. Rodríguez; M. Donatín: Influencia de la época, momento del servicio post-parto y eficiencia del celaje sobre el comportamiento reproductivo del Siboney de Cuba. Memorias del Vi congreso de ciencias veterinarias, palacio de las convenciones, La Habana, Cuba. CD-ROM 978-959-282-047-3. 2007.
2. Altieri, M.; A. Yurjevic: La agroecología y el Desarrollo Rural Sostenible en América Latina. Agroecología y Desarrollo. CLADES. Año 2. No. 1 25-36 p. 1991.
3. Arthington, J.: Mineral antagonisms may influence copper deficiencies. Feedstuffs. 75 (24): 11 - 17. 2003.
4. Cairo. C. P.; H. O. Fundora: Edafología. Primera Parte. Editorial "Félix Varela". La Habana. Cuba, 2005. 265p.
5. Crespo, G.: Recuperación de la fertilidad del suelo en áreas ganaderas degradadas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 4:355. 2009.

6. Fundora, O.; Olga Yepis: Ahorro de fertilizantes en empresas de cultivos varios y limitación de la contaminación ambiental. XIII Fórum de Ciencia y Técnica. Santa Clara, Cuba. 2000.
7. García, J.R.: Relación entre la cupremia y los indicadores reproductivos de la hembra bovina. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias veterinarias. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) - Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez" (UNAH). 2008.
8. García, J.R.; L. R. García; R. Quiñones; J.M. Figueredo; R. Faure; R. Pedroso; A. Mollineda, A.: Caracterización del contenido de microelementos en el sistema suelo-planta-animal y su influencia en la reproducción bovina en la zona central de Cuba. 2010.
9. Handeh, N.H.: Compaction and Subsoiling Effect on Corn Growth and Soil Bulk Density. *Soil Sci. Soc. Of Am. J.* 67: 1213-1219. 2003.
10. Hernández, J. A.; G. M. O. Ascanio; Marisol Morales Díaz; R. A. Cabrera: Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria. INCA. La Habana. Cuba. 62p. 2005.
11. Kalmbacher R.S.; E.V. Ezenwa; J.D. Arthington; F.G. Martin: Sulfur fertilization of bahiagrass with varying levels of nitrogen fertilization on a Florida Spodosol. *Agron. J.* 97: 661-667. 2005.
12. McDowell, L. R.; D. J Arthington: Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Cuarta Edición. Universidad de La Florida. EEUU. 2005. 98p.
13. McCauley, Ann; J. Clain; J. Jacobsen: Soil pH and Organic Matter. Nutrient Management Module No. 8. Montana State University. 2009. En sitio Web: <http://www.msuextension.org/publications.asp>. (Consultado: 22 de Julio de 2012).
14. MINAGRI: Características de la ganadería vacuna. Informe del Viceministro de Ganadería. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de la Habana. 2005.
15. MINAGRI: Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación de Suelos. Instituto de Suelos. AGROINFOR. Agencia de Información y Comunicación para la Agricultura. La Habana. 2001, 39 p.
16. Muñoz, E.; X. Compte: Apuntes para el balance sistémico en la recuperación de la habilidad productiva de la tierra en agroecosistemas ganaderos. II Taller Nacional de Fertilidad de los suelos de la ganadería. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. CD-ROM. 2008.
17. NRC (National Research Council): Nutrient Requirements of Dairy Cattle. (7th Rev. Ed.). Natl. Acad. Sci., Washington, D.C. 2001.
18. Roca Núria; Mabel Susana Pasos; J. Bech: Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO argentino. *Revista Ciencia del Suelo (Argentina)* 25:31. 2007.
19. Rodríguez, I.: Influencias de las excreciones de vacas lecheras en el reciclaje de los macronutrientes en el agroecosistema de pastizal. Tesis presentada en opción al grado de doctor en ciencias agrícolas. Instituto de ciencia animal. La Habana, Cuba: 31. 2000.
20. Rodríguez, Idalmis.; G. Crespo; Verena Torres; B. Calero; Amalia Morales; Lázara Otero; L. Hernández; S. Fraga; Bertha Santillán: Evaluación integral del complejo suelo-planta-animal en una unidad lechera con silvopastoreo en la provincia la habana, cuba. IV Congreso Latinoamericano de agroforesteria para la producción pecuaria sostenible, Varadero Cuba. 2006.
21. Soca, M.; C. Irigoyen; R. Fuentes: Desarrollo y estado actual de los suelos dedicados a la ganadería. II Taller Nacional de Fertilidad de los Suelos de la Ganadería. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. CD-ROM. 2008.
22. Sparrow, L. A.; N. C. Uren: Oxidation and reduction of Mn in acidic soils: Effect of temperature and soil pH. *Soil Biology and Biochemistry*. En sitio web: [http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90073-3](http://dx.doi.org/10.1016/0038-0717(87)90073-3). (Consultado: 19 de enero de 2012) 2000.
23. Tiffany, M.E.; L.R. McDowell; G.A. O'Connor; H. Nguyen; F. G. Martin; N.S. Wilkinson; E.C. Cardoso: Effects of pasture-applied biosolids on forage and soil concentrations over a grazing season in North Florida. II Microminerals. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 31: 215-227. 2000.

24. Vargas, S.: Rediseño, manejo y evaluación de un agroecosistema de pastizal con enfoque integrado para la producción de leche bovina. Tesis de Dr. Universidad Central de Las Villas, Cuba. 2008. 110 p.

25. Vargas, S.; P. Cairo; R. Franco; E. Oramas; E. Muñoz; P. Torres; R. Jiménez; Oralia Rodríguez; Inés Abreu,. Diagnóstico de la fertilidad físico química del suelo en un agroecosistema lechero. Pastos y Forrajes. 25: 99 – 105. 2002.

Recibido:03/06 /2013

Aceptado:05 /11 /2013

Efecto de la suplementación parenteral de cobre Zinc y Manganese en el tratamiento de la papilomatosis cutánea bovina - Effect of the parenteral supplementation of Copper, Zinc and Manganese in the treatment of the Cutaneous Bovine Papillomatosis

García-Díaz, Juan R: Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5,5. Santa Clara (54830), Villa Clara, Cuba. E-mail: juanramon@uclv.edu.cu | Noval-Artiles, Ernesto: Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5,5. Santa Clara (54830), Villa Clara, Cuba.

Resumen

Para evaluar la eficacia de la aplicación parenteral del cobre, solo o combinado con otros microelementos, en el tratamiento de la papilomatosis cutánea en bovinos lecheros, se seleccionaron 60 animales con la enfermedad, entre 6 y 18 meses de edad. Tres grupos de 20 animales fueron conformados, el grupo A recibió 50 mg de Cu, el B 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 50 mg de Mn, siempre subcutáneamente cada dos meses hasta completar 3 aplicaciones y el grupo C fue utilizado como control. La recuperación clínica se evaluó cada 15 días después del inicio del tratamiento hasta completar 180 días. Se comparó la proporción de animales recuperados entre los grupos en cada evaluación mediante una comparación múltiple de proporciones y de recuperados entre los rangos de edad de 6 a 12 meses y de 13 a 18 meses en los tres grupos con una comparación binomial de proporciones. Fueron superiores ($p < 0.05$) las proporciones de animales recuperados en los grupos suplementados con Cu, solo o combinado con Zn y Mn, en comparación con los controles y en el rango de 0 a 12 meses que en el de 12 a 18 meses, en animales tratados. Se concluye que la suplementación mineral empleada redujo el tiempo de recuperación de los animales afectados con papilomatosis cutánea bovina y que los de edad inferior a 12 meses tuvieron menor tiempo de recuperación que aquellos con edades entre 13 y 18 meses, independientemente del tratamiento aplicado.

Palabras clave: Suplementación | Cobre | Zinc | Manganese | Papilomatosis cutánea | Bovina |

Abstract

In order to evaluate the efficacy of the parenteral application of copper, alone or combined with other trace elements, for the treatment of cutaneous papillomatosis in dairy bovines, were selected 60 sick animals aged between 6 and 18 months old. Three groups of 20 animals each were conformed; group A received 50 mg of Cu, group B 50 mg of Cu, 100 mg of Zn and 50 mg of Mn, always subcutaneously every two months till reaching 3 applications. Group C was used as control. The clinical progress was evaluated every 15 days after starting the treatment to complete 180 days. During each evaluation, the proportions of recovered animals among groups were compared employing a multiple comparison of proportions, also the proportion of recovered animals of the age groups 6-12 and 13-18 months was compared by a binomial comparison of proportions. The proportion of recovered animals was higher ($p < 0,05$) the in the groups supplemented with Cu, alone or combined with Zn and Mn compared with the controls, and in the age range 6-12 months old than in the 13-18 months old one. In conclusion, the mineral supplementation reduced the time of recuperation of animals affected with cutaneous bovine papillomatosis, and the younger bovines (6-12 months old) showed shorter time of recuperation than those of the age range 13-18 months old, regardless of the applied treatment.

Words key: Supplementation | Copper | Zinc | Manganese | cutaneous Papillomatosis | Bovine

Introducción

En los rebaños bovinos hace frecuente la presentación de la papilomatosis cutánea, enfermedad de origen viral crónica, ocasionada por un papiloma virus de ADN que infesta las células basales del epitelio, de considerable especificidad en cuanto al huésped. Los primeros síntomas a nivel histológico se caracterizan por una hiperplasia benigna del estroma y del epitelio, que se produce durante períodos de inmunodeficiencia, presencia de agentes patógenos adicionales y algunos cofactores que pueden inducir una transformación maligna de la neoplasia^{1, 2}.

Los ganaderos y campesinos generalmente utilizan métodos empíricos y algunas técnicas como histovacunas que se encuentran actualmente en el mercado y los aretes de cobre colocados en animales con papilomatosis, pero que tienen muy poco éxito en el control y erradicación de la enfermedad, lo que ha impedido su estricto control y en animales afectados llega a causar ceguera, retardo del desarrollo, desvalorización del cuero y disminución de la fertilidad y productividad^{3, 4}.

El *Papilomavirus bovino* puede despertar la inmunidad humoral y la citomediada, promoviendo la cura espontánea de la enfermedad⁵; sin embargo, esta respuesta suele ser tardía, llevando a mayores pérdidas económicas o incluso su muerte del animal. La supresión del sistema inmune juega un rol importante para la presentación de la enfermedad, por lo que en su prevención se han empleado estimulantes del sistema inmune como el levamisol⁶.

La pailomatosis cutánea ha sido diagnosticada en todas las regiones de Cuba, principalmente en terneros y añojos y en su tratamiento se han empleado varios tratamientos, con resultados contradictorios y deficientes, llevando a la repetición continua de los mismos. Entre estos están los fármacos homeopáticos a base de Thuja ⁷.

La deficiencia de Cu disminuye la actividad de la enzima citocromo oxidasa (CCO), necesaria para la actividad fagocítica y las carencias de Cu, Zn y Mn de la superóxido dismutasa (SOD), lo que reduce la vida media de los leucocitos. Estas deficiencias minerales causan predisposición a enfermedades infecciosas y virales, afectan negativamente al sistema inmunológico del animal, la producción de anticuerpos y con ello la capacidad de respuesta a la infección^{8, 9}.

En Cuba, la deficiencia de Cu ha sido diagnosticada en todo el país, asociada a trastornos reproductivos de las hembras bovinas^{10, 11}. La suplementación parenteral del cobre ha repercutido favorablemente sobre los indicadores hematoquímicos y la reproducción de la hembra bovina^{12, 13} y la ganancia de peso en terneros, ¹⁴.

En Brasil, la suplementación parenteral de Cu resultó efectiva en el tratamiento de la papilomatosis cutánea bovina, resultando más eficaz ($p < 0.05$) el etilenodinitrilo tetracetato de calcio y cobre que el lactobionato de cobre, con porcentajes de recuperación de 45 % y 5 %, respectivamente. Lo que demuestra que la forma química en que se encuentre el microelemento ejerce una influencia significativa en la recuperación de los animales afectados¹⁵.

En el experimento desarrollado en Brasil la recuperación fue mayor ($P < 0.05$) en animales portadores de la forma pedunculada (36 %) comparados con la forma plana (8 %). También el rango de edad de bovinos influyó sobre la respuesta al tratamiento y se recuperaron el 45% de los animales menores de 12 meses de edad contra el 6,7 % de los bovinos entre 13 y 36 meses que se recuperaron e igual porcentaje entre 37 y 72 meses de edad¹⁵.

A pesar de los resultados beneficiosos obtenidos en Brasil con fármacos de cobre por vía parenteral; en las condiciones de producción bovina en Cuba, aun no se ha evaluado el efecto de la suplementación del cobre y de otros minerales trazas en el tratamiento de la papilomatosis cutánea bovina. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficacia de la aplicación

parenteral del cobre, solo o combinado con Zn y Mn, en el tratamiento de la papilomatosis cutánea en bovinos lecheros.

Materiales y Métodos.

El presente trabajo se realizó en una unidad de producción bovina de la región central de Cuba. Para el mismo se seleccionaron 60 bovinos lecheros mestizos afectados de papilomatosis cutánea bovina. Los mismos tenían un rango de edad que oscilaba entre 6 y 18 meses y eran manejados en pastoreo extensivo. Se dividieron al azar y se conformaron 3 grupos de tratamiento de 20 animales cada uno.

Grupo A: 50 mg de Cu.

Grupo B: 50 mg de Cu + 100 mg de Zn + 50 mg de Mn.

Grupo C: control.

Todos los animales fueron sometidos al inicio del experimento a una reseña resumida que comprendió identificación, edad y sexo realizándose el examen físico o exploración clínica¹⁶ donde se evaluó el estado físico, características y ubicación de los papilomas.

Los tratamientos se administraron el mismo día en todos los grupos por vía subcutánea cada dos meses hasta completar 3 aplicaciones. La recuperación clínica de los animales se evaluó cada 15 días después del inicio del tratamiento hasta completar 180 días, aplicando las invariantes del método clínico¹⁶. Se consideró animal recuperado cuando desaparecieron las lesiones papilomatosas en los animales.

En el procesamiento estadístico de los resultados se empleó el paquete estadístico Statgraphis Centurion Ver. XV.II¹⁷. Se realizó una comparación de proporciones múltiples para comparar los porcentajes de animales recuperados entre cada grupo según el tratamiento empleado en los diferentes periodos (P) en que se evaluó la recuperación (P1: 0 a 30 días; P2: 31 a 60 días; P3: 61 a 90 días; P4: 91 a 120 días; P5: 121 a 150 días; P6: 151 a 180 días).

Se empleó una comparación binomial de proporciones para comparar la recuperación entre los rangos de edad (6 a 12 meses, y 13 a 18 meses) de los bovinos recuperados independiente del tratamiento recibido.

Resultados y Discusión

La distribución de los papilomas, según las diferentes regiones del cuerpo, se exponen en la figura 1, nótese que la región mas afectada es el tórax, donde el 34.92% de los animales presentaban estas lesiones; estos resultados son similares a los reportados en las provincias centrales de Cuba⁷.

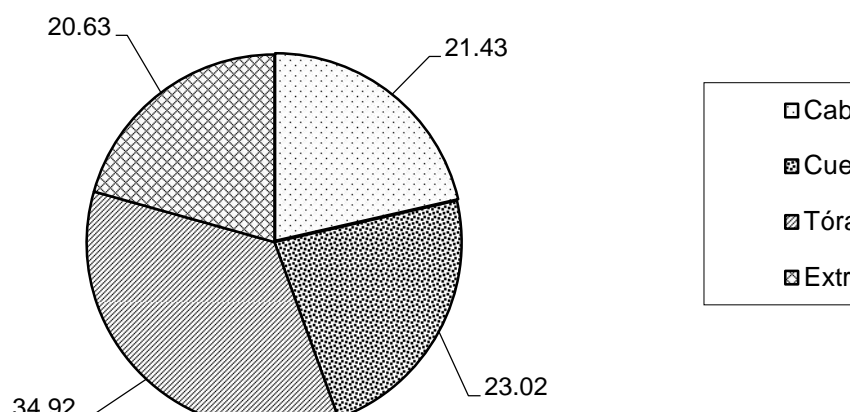


Figura 1. Distribución de los papilomas según las diferentes regiones del cuerpo en los animales estudiados.

Predominaron las lesiones papilomatosas de forma redondeada o pedunculada con diámetro que osciló entre 1 y 6 cm y un promedio de 3.6 ± 2.3 por animal; estas observaciones se corresponden con las descritas en un estudio desarrollado en Colombia, donde el 76% de los papilomas tuvieron esa forma, que además fue de menor recuperación ante los tratamientos empleados que la forma plana⁴.

La mayor cantidad de animales recuperados en los tres grupos en estudio fue en los primeros 30 días, donde 24 de ellos se curaron, el 40% de los 60 que entraron en el experimento; 11 en el grupo A (50 mg de Cu), 9 en el grupo B (50 mg de Cu, 100 de Zn y 50 mg de Mn) y solamente 4 en el grupo C (control). Entre los 31 y 60 días se recuperaron 19, el 31,6% (19/60), 8, 6 y 5 de los suplementados con Cu combinado con Zn y Mn, Cu solo y controles, respectivamente (figura 2).

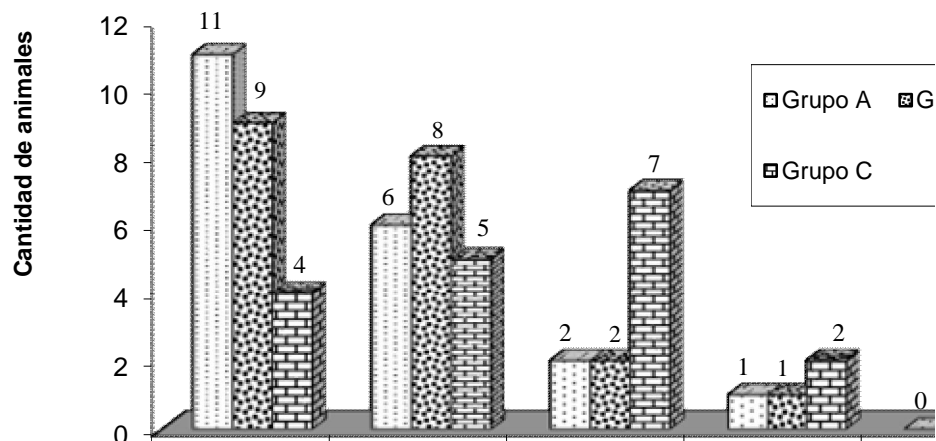


Figura 2. Cantidad de terneros recuperados en los tres grupos de tratamiento en los diferentes periodos evaluados.

Estos resultados indican que la suplementación con minerales propició una recuperación más rápida de los animales en los primeros 60 días, aunque también se curaron animales controles, lo que puede estar motivado por la curación espontánea que ocurre en la enfermedad⁵, aunque esta demora más; por lo que en el grupo control posterior a este tiempo permanecieron más animales enfermos y mayor cantidad de recuperados (figura 2).

En los periodos de 0 a 30 días y de 31 a 60 días hubo recuperación ($p < 0.05$) a favor de los animales que recibieron la suplementación parental del Cu, solo o combinado con el Zn y el Mn, en comparación con los controles y sin diferencias estadísticas entre estos dos grupos (figura 3).

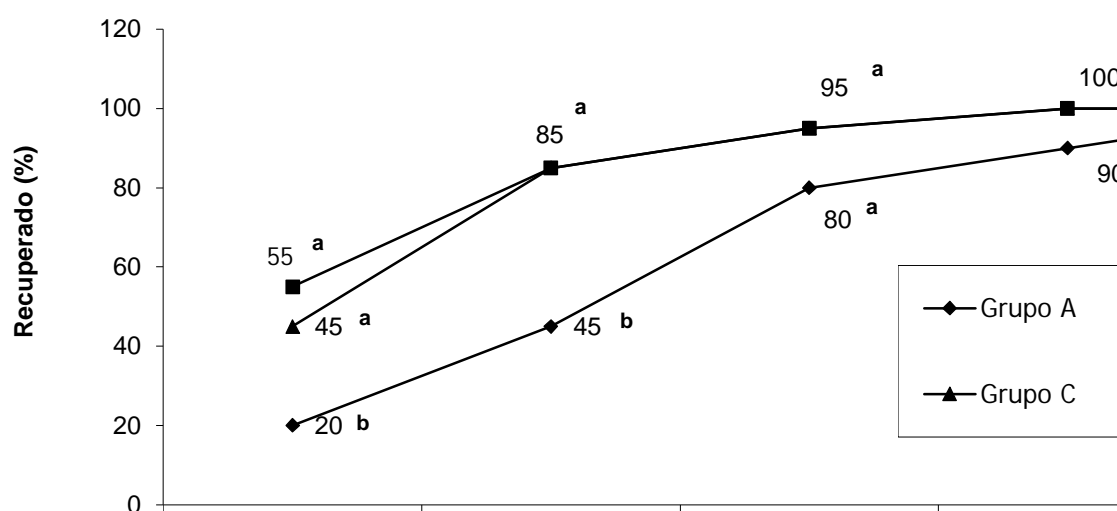


Figura 3: porcentajes de animales recuperados de forma acumulativa en cada uno de los grupos de tratamiento durante los diferentes periodos de recuperación

A partir de este periodo no existieron diferencias estadísticas significativas el porcentaje de animales recuperados en cada momento. Esta situación se explica porque hasta los 60 días se habían recuperado casi la totalidad de los animales en los grupos A y B, mientras que en el C, aún continuaban animales afectados que seguían recuperándose.

En los bovinos que recibieron tratamiento parental con Cu, se recuperaron en los primeros 30 días el 55% de los animales, mientras que los que recibieron Cu, Zn y Mn combinados en la misma inyección, se alcanzó un 45 % de recuperación en igual periodo, sin diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre ambos grupos (figura 3).

En la figura 3 se muestra que solamente el 20% de los animales utilizados como control se curaron espontáneamente en los primeros 30 días y que hasta los 60 días, en los grupos A y B, se habían recuperado el 85 % de los animales, mientras que en el grupo C solo el 45 %, existiendo diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).

Los resultados alcanzados en presente trabajo, son superiores en todos los grupos a los de un estudio realizado en Brasil, en el que la administración parenteral de etilenodinitrilo tetracetato de cobre fue más eficaz ($P < 0.05$) que el lactobionato de cobre y el grupo control, pero solamente se recuperaron el 45, 5 y 10 %, respectivamente¹⁵. Las diferencias entre los dos estudios pueden deberse a que en este último experimento se incluyeron animales portadores de las dos formas clínicas, la pedunculada y la plana; esta última se ha reportado que presenta menores porcentajes de recuperación con la primera¹⁸.

También otros investigadores mencionan, que animales portadores de papilomas de la clase pedunculado respondieron mejor a los tratamientos empleados en comparación con la forma plana^{18, 19, 20}. No obstante, se ha establecido que también puede haber caída de los papilomas sin ningún tratamiento, suponiendo la ocurrencia de una inmunidad natural, hecho más evidente en bovinos adultos⁵.

Las deficiencias de Cu, Zn y Mn reducen las respuesta inmunológica celular y humoral, específicamente la mediada por células y antígenos, la actividad de las células T y B, los neutrófilos y los macrófagos y por lo tanto la producción de anticuerpos. También provocan atrofia del bazo y del timo²¹.

La administración parenteral de los compuestos de cobre inyectable provocan edema, aumento de la sensibilidad e hiperemia en el lugar de aplicación²², esto sugiere que el principio activo de los fármacos empleados en este trabajo pudieron desencadenar clínicamente mayor reacción inflamatoria y con ello haber favorecido una respuesta inmunológica inespecífica, y consecuentemente, resultando en la recuperación de los animales.

El Cu tiene un papel protector importante ante las enfermedades infecciosas, pudiendo influenciar positivamente la convalecencia del animal²³. También se ha descrito que la actividad oxidativa sérica y anti inflamatoria de la ceruloplasmina (CP), que es directamente proporcional a la concentración sérica del cobre²⁴, es decir, la baja concentración de este elemento está asociada a una menor actividad de ceruloplasmina, y consecuentemente, menor reacción inflamatoria y respuesta inmunológica inespecífica.

Al evaluar la recuperación de los animales, según el rango de edad (Figura 4), se apreciaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$), con mayor porcentaje de animales recuperados totales en el rango de 0 a 12 meses (59 %), en comparación con los animales entre 12 y 18 meses (41 %). Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos en otro estudio, donde hubo una mayor recuperación en los animales jóvenes²⁰.

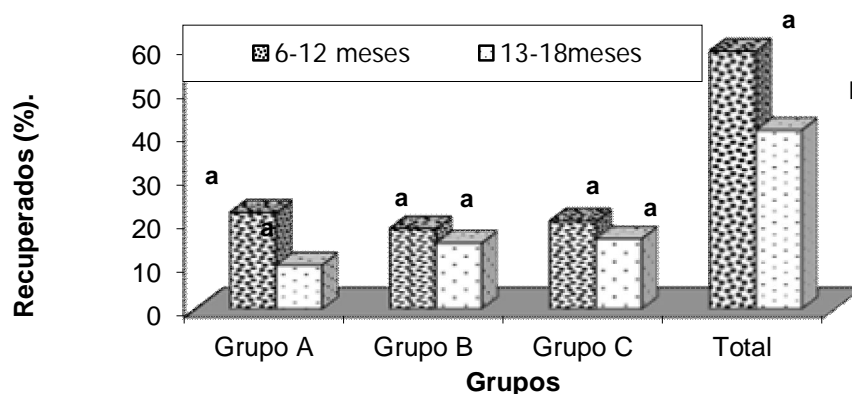


Figura 4: porcentajes de animales recuperados en los dos grupos atendiendo al rango de edad.

La extensión y crecimiento de los papilomas están relacionadas con la edad, receptividad genética, manejo inadecuado y la inmunodeficiencia y por la existencia de nuevos animales susceptibles, pudiendo alcanzar hasta el 75 % del rebaño¹⁶. La papilomatosis cutánea bovina tiene mayor incidencia en animales jóvenes entre seis meses y dos años, los que tienen mayor susceptibilidad frente a la infección viral^{4, 19}.

Se concluye que en los animales estudiados predominó la forma redondeada de la papilomatosis cutánea bovina, encontrándose la el mayor porcentaje de papilomas en el tórax y que la suplementación del Cu por vía parenteral, solo o combinado con el Zn y el Mn, redujo significativamente el tiempo de recuperación de los animales afectado de la papilomatosis cutánea bovina. Los animales con una edad entre 6 y 12 meses, tuvieron menor tiempo de recuperación que aquellos con edades entre 13 y 18 meses, independientemente del tratamiento aplicado.

Referencias bibliográficas

1. Campo MS. Papillomavirus and disease in humans and animal. *Vet. Comp. Oncol.* 2003; **1**, 3-14.
2. Salib FA, Farghali HA. Clinical, epidemiological and therapeutic studies on Bovine Papillomatosis in Northern Oases, Egypt in 2008. *Veterinary World.* 2011; **4** (2): 53-59.
3. Yaguiu Andrea, Carvalho C, de Freitas A, Bentim LG, Zaidan Maria, Birgel EH Becak W, de Cassia Rita. Papilomatosis in cattle: In situ detetection pf bovine papillomavirus DNA sequences in reproductive tissues. *Braz. J. morphol. Sci.* 2006; **23** (3-4): 525-529.
4. Valencia CE, Payan J, Appel, Venus, Salazar H. Valoración de la eficacia del cobre contra la papilomatosis bovina en el departamento del Cauca. *Rev. Bio. Agro.* 2013; **11** (1): 218-223.

5. Jelinek F, Tachezy R. Cutaneous papillomatosis in cattle. *J. Comp. Pathol.* 2005; **132**: 70-81.
6. Cam Y, Kibar M, Atasever A, Atalay O, Beyaz L. Efficacy of levamisole and Tarantula cubensis venom for the treatment of bovine cutaneous papillomatosis. *Vet. Rec.* 2007; 160(14): 486-488.
7. Peña F, Marin Arazay, Camacho Caridad, Avello Eida, Arce MA, Perez Caridad. Thuja (200 ch, 1000 ch) en el tratamiento de la papilomatosis bovina. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET.* 2005. Disponible en URL: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. [citado 20/5/2009].
8. Spears JW. Trace mineral bioavailability y ruminants. *J. Nutr.* 2003; 133:1506-1509.
9. Scaletti RW, Trammell DS, Smith BA, Harmon RJ. Role of dietary copper in enhancing resistance to Escherichia coli mastitis. *J. Dairy Sci.* 2003; 86: 1240-1249.
10. García JR, Cuesta M, García R, Quiñones R, Figueredo JM, Faure R, Pedroso R, Mollineda A. 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.* 2010; 44 (3): 227-231.
11. García JR, Cuesta M, Silveira E, Quiñones R, Hernández M, Mollineda Á. Desequilibrios metabólicos con especial referencia a las carencias de minerales asociadas a problemas reproductivos en vacas lecheras de Cuba. *Rev. electrón vet. REDVET ISSN 1695-7504.* Diciembre 2011. Vol. 12. N° 12 Málaga. España. [online] Disponible URL en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121211.html> [citado 5 de julio 2015].
12. Cuesta M, García JR, Silveira EA, Pino. Y. Administración parenteral de un compuesto con cobre, zinc y manganeso en vacas lecheras *Rev electrón vet. REDVET ISSN 1695-7504.* Febrero 2011. Vol. 12. N° 2 Málaga. España. Disponible URL en : <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020211.html>. [citado 20 de Octubre 2015].
13. García JR, Ajakaiye JJ, Cuesta M, Quiñones R, Munyori H, Mollineda A. Effects of parenteral supplementation of Cu in female cattle with different levels of cupremia. *Archiv Tierzucht.* 2012; 55: 113-122.
14. Noval E, García JR, García R, Quiñones R, Mollineda A, Munyori H. Evaluación del efecto de la suplementación parenteral de cobre y un complejo de cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn) sobre la hemoquímica y la ganancia de peso en terneros. *Rev electrón vet. REDVET ISSN 1695-7504.* Octubre 2012. Vol. 13. N° 10 Málaga. España. [online] Disponible URL en : <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101012.html> [citado 25 de octubre 2015].
15. Franco LA, Rodríguez V, Machado MA, Guimarães L, Soares Maria C, Elias R., de Mouraa Maria I, Soaresd Lorena. Efecto del etilenodinitrilo tetracetato de calcio y cobre y del lactobionato de cobre parenteral en el tratamiento de la papilomatosis cutánea bovina. *Téc. Pecu. Méx.* 2007; 45 (3): 289-297.

16. Cuesta M, Montejo E, Duvergel J. Medicina Interna Veterinaria. Tomos I y II. La Habana: Editorial Félix Varela. Ministerio de Educación Superior. Cuba. 2007: pp. 135-138.
17. Statgraphis Centurion Ver. XV.II. Edicion Multilingüe. StatPoint, Inc. Statistical Graphic Corp. Warrenton, Virginia. 2006.
18. Santin API, Brito LAB. Estudo da papilomatose cutânea em bovinos leiteiros: comparação de diferentes tratamentos. *Ciência Animal Brasileira*. 2004; 5 (1): 39-45.
19. Silva LAF, Santin API, Fioravanti MCS, Dias FC, Eurides D. Papilomatose bovina: comparação e avaliação de diferentes tratamentos. *A Hora Veterinária*. 2001; 21 (121): 55-60.
20. Silva LAF, Santin API, Fioravanti, MCS, Jaime VS, Eurides D, Dias Filho, F.C, *et al.* Avaliação da eficiência de diferentes tratamentos da papilomatose cutânea bovina. *Vet. Not.* 2004; 10 (2): 35-41.
21. Socha MT, Tomlinson, D. Proper trace mineral supplementation reduces lameness in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2001; 79 (1): 86 (Abs.).
22. Fazzio LE, Mattioli GA, Picco SJ, Traveria GE, Costa EF, Romero JR. Intoxicacion aguda con cobre inyectable en bovinos. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata. 2003. Disponible en URL: <http://www.fcv.unlp.edu.ar/centros-lab-inst/cedive/temas/intoxicacion.php>. [citado 1/06/06].
23. Radostitis OM, Gay CC, Hinchcliff KW, Constable PD. textbook of Veterinary Medicine, 10th edition, 2008 print.; printed by El-sevier, Spain, ISBN: 978-0-7020- 2777-2, pp.1421-1423.
24. Borges AS, Amorim RM, Kuchembuck MRG, Araújo RS, Silva SB, Silva HF, *et al.* Correlação entre a atividade sérica da ceruloplasmina e os teores sérico e hepático de cobre em novilhas Nelore. *Arq. Br Med. Vet. Z.* 2005; 57 (2): 150-155.

REDVET: 2017, Vol. 18 N° 01

Este artículo Ref. 011715 está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010117.html>
concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010117/011715.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®.

Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con REDVET®-
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Santa Clara, 3 de julio de 2015.

AVAL

Bajo el proyecto titulado **Efecto de la suplementación parenteral de Cu, Zn y Mn sobre el comportamiento bio productivo de las hembras bovinas lecheras**, enmarcado en la línea Ramal Científico-Técnico para la mejora de los indicadores bioproductivos de la especie bovina; se desarrolló una investigación que determinó el estado de esos minerales en los componentes suelo-planta-animal.

La investigación a escala productiva se desarrolló en las nueve unidades de producción de leche vacuna de la UBPC "Desembarco del Granma" de las cuales se tomaron cuatro vaquerías para su evaluación.

Una vez determinado las carencias en los diferentes componentes del agroecosistema, se desarrolló por los profesores y estudiantes del Departamento de Medicina y Veterinaria de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas una serie de estudios que permitió establecer una tecnología que permitió el mejoramiento del comportamiento de las vacas en producción, así como mayor entrega de leche a la industria con sus beneficios económicos añadidos.

Por todo lo anteriormente, avalamos los resultados obtenidos y apoyamos futuras investigaciones al respecto.

Ariel Machado Martínez
UBPC "Desembarco del Granma"



AVAL

Santa Clara, 28 de enero de 2015.
"Año 57 de la Revolución"

A quien pueda interesar.

Por medio de la presente tengo a bien comunicar que la UBPC "Desembarco del Granma" de la Provincia de Villa Clara, aprueba la ejecución en sus unidades de producción bovinas del proyecto institucional titulado: **Aplicación de un compuesto inyectable de minerales trazas, su efecto sobre los indicadores bioproductivos y la salud de la ubre de la vaca destinada a la producción de leche**, el mismo será ejecutado por la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas (UCLV), Facultad de Ciencias Agropecuarias y dirigido por el M. Sc. Ernesto Noval Artiles.

Las investigaciones relacionadas con la suplementación mineral y su efecto sobre los indicadores bioproductivos son de gran importancia para nuestra entidad, en la que se han detectado una alta incidencia de las carencias de microelementos (Cu, Zn y Mn) en el eje suelo planta animal, afectando la productividad de los rebaños lecheros.

Dichos estudios, contribuirán al mejoramiento de los parámetros productivos y reproductivos, así como aquellos aspectos ligados a la salud de la ubre de la vaca destinada a la producción de leche.

Sin otro asunto a tratar.

Lic. Ariel Machado Martínez.
Administrador UBPC "Desembarco del Granma".



Santa Clara, 3 de julio de 2015.

Sociedad Cubana de Lechería ACPA Villa Clara

AVAL

Bajo el proyecto titulado **Efecto de la suplementación parenteral de Cu, Zn y Mn sobre el comportamiento bio productivo de las hembras bovinas lecheras**, enmarcado en la línea Ramal Científico-Técnico para la mejora de los indicadores bioprodutivos de la especie bovina; se desarrolló una investigación que determinó el estado de esos minerales en los componentes suelo-planta-animal.

La Asociación Cubana de Producción Animal provincial tiene conocimiento de las investigaciones llevadas a cabo por profesores y estudiantes del Departamento de Medicina y Veterinaria de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas en la UBPC "Desembarco del Granma" desarrollada a escala productiva en nueve de sus unidades de producción de leche vacuna para su evaluación.

Una vez determinado las carencias en los diferentes componentes del agroecosistema, se desarrolló una serie de estudios que permitió establecer una tecnología que trajo consigo el mejoramiento del comportamiento productivo y reproductivo de las vacas en producción, así como mayor entrega de leche a la industria con sus beneficios económicos añadidos.

Por todo lo anterior, se avalan los resultados obtenidos y apoyamos futuras investigaciones al respecto.



Dr. MV. Ernesto Medina Alvarez.

Presidente del Órgano de Base Provincial de la Sociedad Cubana de Producción Animal.



Dr. MV. Daniel Alfonso Insua

Presidente de la Sociedad Cubana de Producción de Leche en Villa Clara.



Santa Clara, 3 de julio de 2015.


AVAL

Bajo el proyecto titulado **Efecto de la suplementación parenteral de Cu, Zn y Mn sobre el comportamiento bio productivo de las hembras bovinas lecheras**, enmarcado en la línea Ramal Científico-Técnico para la mejora de los indicadores bioproductivos de la especie bovina; se desarrolló una investigación que determinó el estado de esos minerales en los componentes suelo-planta-animal.

La investigación a escala productiva se desarrolló en las nueve unidades de producción de leche vacuna de la UBPC "Desembarco del Granma" de las cuales se tomaron cuatro vaquerías para su evaluación.

Una vez determinado las carencias en los diferentes componentes del agroecosistema, se desarrolló por los profesores y estudiantes del Departamento de Medicina y Veterinaria de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas una serie de estudios que permitió establecer una tecnología que permitió el mejoramiento del comportamiento de las vacas en producción, así como mayor entrega de leche a la industria con sus beneficios económicos añadidos.

Por todo lo anteriormente, avalamos los resultados obtenidos y apoyamos futuras investigaciones al respecto.


Ariel Machado Martínez
UBPC "Desembarco del Granma"

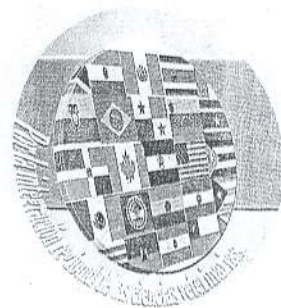




XXIV



Certificado



A: *Ernesto Noval Artiles*

*por su participación en el
XXIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias*

PANVET 2014

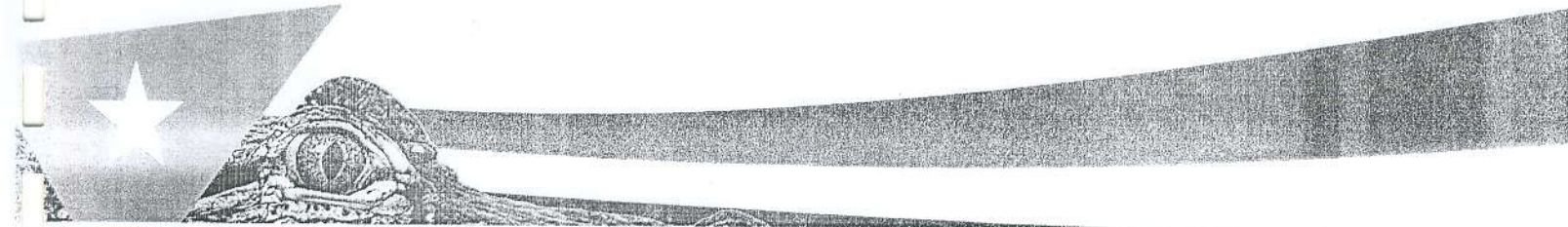
Dra. Beatriz Amador Villanueva

Presidenta Comité Organizador

Dra. María Gloria Vidal Rivalta

Secretaria Comité Organizador

Equivalente a 48 horas de Educación continuada



PALACIO DE CONVENCIONES, La Habana, CUBA, del 16 al 20 de noviembre

Por la seguridad alimentaria
y la integridad ambiental

V Producción Animal

2015

*El Comité Organizador
otorga el presente Certificado a:*

AUTORÍA: *E. Noval, J. R. García, R. García, R. Quiñones, A.
Mollineda, Yaquelin Artiles y C. R. Díaz*

TÍTULO: *Efecto de la suplementación parenteral de Cu, Zn y Mn, a escala
productiva, sobre el comportamiento bioproductivo en hembras
vacunas*

CONFERENCIA MAGISTRAL ()
CONFERENCIA ()
COMUNICACIÓN CORTA ()
CARTEL ()
MESA REDONDA ()
EXPOSITOR (X)
PARTICIPANTE ()

Maria Felicia Díaz Sánchez
Secretaria Científica

José Andrés Díaz Untoria
Presidente del Comité Organizador

PALACIO DE CONVENCIONES La Habana, CUBA, del 15 al 20 de noviembre

Por la seguridad alimentaria
y la integridad ambiental



CONFERENCIA
Producción Animal
Tropical

2015

El Comité Organizador
otorga el presente Certificado a:

AUTORÍA: D. Alfonso Insua, E. Noval, R. García, R. Nickli-Domer

TÍTULO: Aplicación parenteral de un compuesto de Cu, Zn y Mn, con uso
profiláctico sobre la mastitis subclínica bovina

- CONFERENCIA MAGISTRAL ()
- CONFERENCIA ()
- COMUNICACIÓN CORTA ()
- CARTEL ☒ (X)
- MESA REDONDA ()
- EXPOSITOR ()
- PARTICIPANTE ()


Maria Felicia Díaz Sánchez
Secretaria Científica


José Andrés Díaz Untoria
Presidente del Comité Organizador

IV Convención Internacional

Agrodesarrollo 2016

Agroenergía para el desarrollo agrario sostenible

El Comité Organizador otorga el presente

Certificada

A: *Ernesto Noel Ariles*

Por el efecto de diferentes dosis de un compuesto inyectable de Cu, Zn y Mn sobre parámetros productivos de la vaca
[Título: *lechera en período de transición*]

☐ Conferencista

☒ Ponente

☐ Delegado(a)

[Signature]

Dado a los 28 días del mes de octubre de 2016, Varadero, CUBA

 Estación Experimental
Indio Hatuey

DIRECCION

Dr.C. Jesús Manuel Iglesias Gómez

PRESIDENTE COMITÉ CIENTÍFICO

Dr.C. Giraldo Jesús Martín Martín

PRESIDENTE COMITÉ ORGANIZADOR




**UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
CONSEJO CIENTÍFICO**

DICTAMEN

El Consejo Científico de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV), una vez analizada la documentación presentada por el Consejo Científico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y a propuesta del Comité Ejecutivo del Consejo Científico de la UCLV, acuerda que el resultado científico: **"Suplementación parental de Cu, Zn y Mn en vacas lecheras en periodo de transición en agroecosistemas carenciales en el sistema suelo-planta-animal"** de los autores **MSc. Ernesto Noval Artiles y colectivo**, sea propuesto a la Delegación del CITMA en Villa Clara en opción al **Premio Provincial CITMA 2017** y a **Premio Nacional de la ACC 2017**.

Y para que así conste, firmo el presente **DICTAMEN**, en la Ciudad Universitaria "Abel Santamaría", a los 6 días del mes de octubre de 2017, "Año 59 de la Revolución".


Dr.C. Norge I. Coello Machado
Secretario del Consejo Científico



DITIT



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU"


DE LAS VILLAS


FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DICTAMEN

En el Consejo Científico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias celebrado el día 13 de julio de 2017 (**Acuerdo No. 12/2017**), se aprobó la Propuesta de Premio ACC Provincial titulada: **Suplementación parenteral de Cu, Zn y Mn en vacas lecheras en periodo de transición en agroecosistemas carenciales en el sistema suelo-planta-animal**, presentada por el Ponente: **Dr.C. Ernesto Noval Artiles**

Se logra la determinación de las deficiencias de Cu, Zn y Mn en el sistema suelo-planta- animal y el efecto de la suplementación parenteral de esos microelementos en el periodo de transición de la vaca lechera, sobre su comportamiento reproductivo en dos agroecosistemas de la región central de Cuba. Se obtiene que la dosis más eficaz para la suplementación de los animales fue 50 mg Cu, 100 mg Zn y 50 mg de Mn, con la que se incrementaron significativamente las concentraciones séricas y hepáticas de los mismos, y se beneficiaron los indicadores reproductivos. La no aplicación del mejor tratamiento ocasiona pérdidas por animal de 22,98 y 85,12 CUP en los agroecosistemas de llanura y premontaña, respectivamente. La deficiencia en el sistema suelo-planta-animal de los minerales en estudio, afectó la eficiencia reproductiva, sin embargo, la aplicación de 50 mg Cu, 100 mg Zn y 50 mg de Mn cada dos meses incrementa las concentraciones sanguíneas y hepáticas de esos elementos mejorando los indicadores reproductivos.


Dr. C. Alfredo Marín Cárdenas
Presidente
Consejo Científico
Facultad de Ciencias Agropecuarias


Dr. Cs. Lidcay Herrera Isla
Secretario
Consejo Científico
Facultad de Ciencias Agropecuarias