

Relación entre cinquemia y fertilidad en vacas lecheras mestizas Holstein x Cebú

García-Díaz, J.R.^{1,2@}; Dungula-Sapalalo, G.H.¹; Noval-Artiles, E.^{1,2}; Hernández-Barreto, M.A.¹; Mollineda-Trujillo, A.² y Garzón-Jarrin, R.³

¹Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

²Centro de Investigaciones Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

³Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.

RESUMEN

Para determinar la correlación entre la cinquemia y los indicadores reproductivos de la vaca lechera y las concentraciones de Zn en suero sanguíneo que constituyen un riesgo significativo para la presentación del anestro posparto y la repetición de servicio de Inseminación Artificial se seleccionaron 143 animales con seis a ocho años de edad y tercera a cuarta lactancia. Se determinó la correlación entre la cinquemia y los indicadores reproductivos y la asociación entre las concentraciones de Zn en suero sanguíneo y el anestro y la repetición de servicio de Inseminación Artificial. Los rebaños presentan baja eficiencia reproductiva y la cinquemia tuvo una correlación negativa ($P=0,0000$) con el anestro posparto y el intervalo parto concepción. Para el anestro posparto cuando la cinquemia inferior a $15 \mu\text{mol/L}$ constituyó un riesgo relativo (RR) significativo, con RR de 1,74 ($p=0,0070$), menor que $14 \mu\text{mol/L}$, RR de 2,69 ($P=0,0000$) e inferior a $16 \mu\text{mol/L}$ no lo fue, RR 1,04 ($p=0,8282$). Para la repetición de servicio de Inseminación Artificial la cinquemia inferior a $15 \mu\text{mol/L}$ constituyó un factor de riesgo significativo, RR= 3,83 ($P=0,0000$), inferior a $14 \mu\text{mol/L}$, RR 5,20 ($p=0,0000$) y no lo fue cuando sus concentraciones fueron menores de $16 \mu\text{mol/L}$, RR= 1,77 ($p=0,1191$). Se concluye que la cinquemia tuvo una correlación negativa y altamente significativa con los indicadores reproductivos y cuando desciende de $15 \mu\text{mol/L}$ constituye un factor de riesgo significativo para la presentación del anestro y la repetición de servicio de Inseminación Artificial.

Relationship between cinquemia and fertility in Crossbred Holstein x Zebu dairy cows

SUMMARY

In order to determine the correlation between the cinquemia and the reproductive indicators of the dairy cow and the concentrations of Zn in blood serum that constitute a significant risk for the presentation of the postpartum anestrus and the repetition on service of Artificial Insemination, 143 animals with six to eight elderly years and third and fourth lactation were selected. The correlation between the cinquemia and the reproductive indicators and the association between different concentrations of Zn in blood serum and the anestrus and the repetition on service of Artificial Insemination were determined. The herds present low reproductive efficiency and the cinquemia had a negative correlation ($p=0.0000$) with the postpartum anestrus and the interval parturition. For the postpartum anestrus when the lower cinquemia than $15 \mu\text{mol/L}$, constituted a relative risk (RR) 1.74 ($p=0.0070$) and lower than $14 \mu\text{mol/L}$, RR 2.69 ($p=0.0000$) and lower to $16 \mu\text{mol/L}$ was not, RR 1.04 ($p=0.8282$). For the repetition of service of Artificial Insemination, the lower cinquemia to $15 \mu\text{mol/L}$ constituted a relative risk (RR) factor, RR 3.83 ($p=0.0000$), lower to $14 \mu\text{mol/L}$, RR 5.20 ($p=0.0000$) and was not when its concentrations were under $16 \mu\text{mol/L}$, RR 1.77 ($p=0.119$). It is concluded that that the cinquemia had a negative and highly significant correlation with the reproductive indicators and when it descends from $15 \mu\text{mol/L}$ it constitutes a significant relative risk to the presentation of anestrus and repetition of service of Artificial Insemination.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Anestro posparto.
Comportamiento reproductivo.
Riesgo relativo.
Inseminación Artificial.

ADDITIONAL KEYWORDS

Postpartum anestrus.
Reproductive behavior.
Relative Risk.
Artificial Insemination.

INFORMATION

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 21.03.2019
Aceptado/Accepted: 22.06.2019
On-line: 15.01.2020
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
juanramon@uclv.edu.cu

INTRODUCCIÓN

El Zn regula muchos de los efectos relacionados con la acción de hormonas reproductivas y vías metabólicas dentro del organismo y cumple importantes funciones, entre ellas la reproducción por lo que su deficiencia en las vacas lecheras ocasiona pérdida de

la eficiencia reproductiva antes que se manifiesten la hipocinquemia y otros síntomas clínicos (Yatoo et al., 2013, p. 964).

En la región central de Cuba se diagnosticó la deficiencia de Zn en el sistema suelo-planta-animal y la misma estuvo entre los principales factores que deter-

minan la eficiencia reproductiva (García et al., 2010a, p. 229; Noval et al., 2014, p. 28). Este autor demostró que el empleo de la suplementación parenteral de Cu, Zn y Mn durante el periodo de transición de la vaca lechera restableció las concentraciones sanguíneas y hepáticas de esos microelementos y favoreció su comportamiento reproductivo.

El anestro posparto y la repetición de servicios son los dos trastornos reproductivos de mayor incidencia en la región central de Cuba, donde se conoce el impacto que sobre ellos tiene la deficiencia de Cu (García et al., 2010b, p. 235) y se utilizan varios protocolos de tratamientos hormonales para el tratamiento del anestro en las vacas lecheras (García et al., 2017, p. 270). Sin embargo, en el pobre comportamiento reproductivo de las vacas lecheras influyen otros factores, especialmente las deficiencias de otros minerales, entre ellos el Zn, pero no se conoce con exactitud el impacto de la deficiencia de este microelemento sobre la fertilidad de la hembra bovina.

El objetivo de este trabajo fue determinar la correlación la cinquemia y los indicadores reproductivos de la vaca lechera, y las concentraciones de Zn en suero sanguíneo que constituyen un riesgo significativo para la presentación del anestro posparto y la repetición de servicio de Inseminación Artificial.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el periodo lluvioso en los años 2011-2012, en seis unidades de producción de la ganadería bovina de Cuba, pertenecientes a una empresa pecuaria ubicada en la zona central de Cuba donde la temperatura promedio anual de la zona es de 24,3°C, máxima de 33,6°C en agosto y mínima de 11,9 °C en enero, precipitación anuales promedio de 1 530 mm, el mes más lluvioso fue octubre con 292,4 mm y el de menores precipitaciones enero, con solo 25,4 mm y la lluvia caída durante el periodo lluvioso (mayo – octubre) representa como promedio el 73,3 % del volumen total anual, según datos del Centro Meteorológico Provincial.

Para los estudios se utilizaron vacas con seis a ocho años de edad, tercera y cuarta lactancia, condición corporal entre tres y cuatro, ocho meses de gestación, producción láctea de $7,46 \pm 1,43$ L vaca⁻¹ día⁻¹, del genotipo Holstein x Cebú (H x C), sin patologías en su aparato genital, clínicamente sanas, libres de brucelosis, tuberculosis y clínicamente sanas.

En todas las unidades en el periodo lluvioso el sistema de pastoreo es rotacional en línea, con una intensidad de pastoreo de 54,0 UGM há⁻¹ día⁻¹, carga global de 1,5 animales ha⁻¹, donde el alimento fundamental fue el pasto, el cual mantuvo una disponibilidad media por animal de 17,3 kg MS vaca⁻¹ día⁻¹ y recibían como suplemento mineral fosfato dicálcico (0,060 kg MS). Las vacas se ordeñaban de forma manual, dos veces al día, entre las 2 a.m. y las 5 a.m., y entre a las 2 p.m. y 5 p.m. Se empleaba el sistema crianza natural con amamantamiento restringido.

Las muestras de sangre para la determinación de las concentraciones séricas de Zn se tomaron por veno-

puntura de la yugular en tubos de ensayos sin anticoagulante, esterilizados y desmineralizados; en ellos se depositó una cantidad de 10 mL de sangre; las mismas se centrifugaron a 2 500 g durante 10 minutos, y se obtuvo el suero sanguíneo, el que se almacenó a -10 °C hasta su análisis.

Las determinaciones de Zn en suero sanguíneo se realizaron por espectrofotometría de absorción atómica (Miles et al., 2001), en un equipo SP-9 de la firma PYE UNICAM según los procedimientos del fabricante. Los exámenes se realizaron en el laboratorio de espectroscopia del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), de la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, UCLV.

Se analizó la situación reproductiva por los procedimientos recomendados por Brito et al. (2010, p. 18), evaluándose el periodo de Anestro posparto (APP), Intervalo Parto-Primer Servicio (IPPS), Intervalo Parto-Concepción (IPC), Intervalo Parto-Parto (IPP) y los Servicios por Gestación (S/G). La eficiencia en la determinación de la hembra en estro (EDHE) según lo recomendado por O'Connor (2007, p. 275).

A todos los animales se les realizó el examen ginecológico y se consideraron como cíclicas, aquellas hembras que a la palpación rectal presentaban cuerpos lúteos o evidencias de folículos en desarrollo y anéstricas las que no lo presentaban (ovarios lisos), después de dos exploraciones sucesivas a intervalo de 14 días (Hernández, 2012, p. 22). Se consideraron repetidoras del servicio de Inseminación Artificial (IA) las que necesitaron más de tres IA para lograr la gestación.

Durante todo el periodo de observación la detección del celo se realizó de 6-10 am. y de 2-6 pm. por hombres entrenados y auxiliados por toros receladores (desviación de pene) en una relación toro\vaca de 1:25 (Pedroso y Roller, 2004, p. 34). La IA se efectuó aplicando el método cervical profundo por un técnico experimentado, con una eficiencia técnica entre 50 y 55 % en los últimos 4 años, usando semen congelado en pastillas de toros de fertilidad probada.

Se calcularon los estadísticos descriptivos para la cinquemia y los indicadores reproductivos. Se realizó una correlación lineal simple entre las concentraciones séricas de Zn y los indicadores reproductivos, los que se compararon entre los animales hipocinquemicos y normocinquemicos, $< 13,01$ $\mu\text{mol/L}$ y $\geq 13,01$ $\mu\text{mol/L}$ (García, 2016, p. 74) mediante una prueba de t-Student para muestras independientes. En los procesamientos anteriores se emplearon los paquetes estadísticos Statgraphis Centurion Ver. XV.II (Statistical Graphic Corp., USA) (2006).

Se determinó la asociación entre la cinquemia y el anestro y la repetición de servicio mediante un estudio de tipo prospectivo (cohorte), para un nivel de confianza del 95 % con hipótesis bilateral y la conformación de tablas de contingencia 2 x 2 (Thrusfield, 2005, p. 266). Para la presentación de ambos trastornos reproductivos en animales hipocinquemicos, utilizando el paquete estadístico Epidat 3.1 se determinaron las medidas de asociación, riesgo relativo (RR), riesgo atribuible (RA), fracción etiológica (FE) y fracción etiológica de

la población (FEP) y las de significación estadística mediante la prueba χ^2 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El periodo de APP es demasiado largo (**Tabla I**); la duración de este indicador no debe ser superior a 56 días y su prolongación puede ser la causa de que el IPPS sea superior a los 162 días (Brito et al., 2010, p. 18). Según estos autores el IPPS no debe exceder en más de 18 días al PEV cuyo tiempo ideal, establecido en la mayoría de los rebaños lecheros a nivel mundial es de 45 días, y consecuentemente no debe ser mayor de 63 a 65 días.

El IPC (**Tabla I**) constituye un problema reproductivo grave en los rebaños estudiados ya que es superior a 120 días e indica la presencia de anestro, errores en la detección del celo, que éste es silencioso, poco intenso o poco apreciable o que existe repetición de servicios de IA (González-Stagnaro, 2002, p. 310; García, 2018, p. 20).

La causa fundamental de la prolongación del IPC es el APP porque el valor promedio de los S/G (**Tabla I**) se corresponden con 53,19 % de gestaciones al primer servicio, que representa un problema moderado de fertilidad, lo que se corrobora porque en este estudio solamente el 6 % de las vacas necesitó más de tres inseminaciones para gestarse. Los resultados de estos indicadores muestran correcta identificación del estro, que en estos rebaños osciló entre 63 y 70 %, además, indican correcta técnica de IA, y que esta se realizó en animales que realmente estaban en celo (Mazzucchelli et al., 2010, p. 42).

Por las consideraciones anteriores, el APP de las vacas es la causa del alargamiento del IPPS, IPC e IPP (**Tabla I**). Este último indicador fue superior a los valores adecuados y óptimos y se corresponde con una natalidad de 75,05 % debido a la estrecha relación entre el IPP y el índice de natalidad de un rebaño (Brito et al., 2010; 20).

Las concentraciones promedio de Zn en suero sanguíneo (**Tabla I**) son similares a las diagnosticadas en iguales condiciones de producción por García et al., 2010a, 229 y Noval et al. (2016, p. 373). Existió una correlación negativa y altamente significativa ($p=0,0000$) entre la cinquemia y el APP ($r=-0,52$, $R^2=27,24\%$) y con el IPC ($p=0,0002$) ($r=-0,30$, $R^2=9,39\%$). Los coeficientes de correlación (r) y de determinación (R^2) entre las concentraciones séricas de Zn y el APP indican que este trastorno reproductivo está más determinado por la cinquemia que el IPC, debido a que sobre este indicador influyen la repetición de los servicios de IA, provocada por factores externos a la fisiología de la vaca, entre ellos, la técnica de la IA.

Las hembras con cinquemias inferiores a 13,01 $\mu\text{mol/L}$, límite crítico de deficiencia de Zn en las vacas lecheras en las condiciones de producción de Cuba (García, 2016, p. 74), tuvieron mayores ($p<0,001$) IPPS, IPC e IPP (**Tabla II**). En cambio, no se afectaron los S/G y el porcentaje de gestaciones al primer servicio de IA; lo que puede estar motivado porque en la eficiencia de estos indicadores influyen factores subjetivos y de la técnica de IA (González-Stagnaro, 2002 p. 310).

En la **Figura 1** se aprecia que las concentraciones de Zn en suero sanguíneo inferiores a 15 $\mu\text{mol/L}$ ya

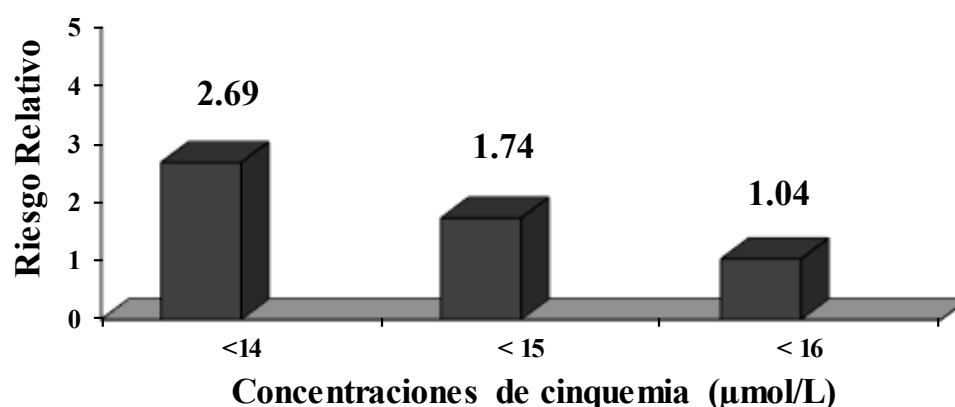


Figura 1. Riesgo relativo de la presentación del APP lecheras con diferentes concentraciones de cinquemia (Relative risk of the presentation of the dairy APP with different concentrations of cinchemia).

Tabla I. Estadígrafos descriptivos de los indicadores reproductivos evaluados en las vacas lecheras investigadas (Descriptive statistics of reproductive indicators assessed in the milk cows investigated).

Parámetro	$\bar{X} \pm \text{DE}$	CV (%)	Mínimo	Máximo
Anestro posparto (días)	107,03 \pm 46,59	43,53	3,00	242,00
Intervalo parto primer servicio (días)	162,59 \pm 46,69	28,64	53,00	298,00
Intervalo parto concepción (días)	199,74 \pm 60,16	30,12	73,00	27,00
Servicios por gestación (U)	1,88 \pm 0,86	45,80	1,00	5,00
Intervalo parto parto (días)	481,14 \pm 60,31	12,53	358,00	652,00
Cinquemia ($\mu\text{mol/L}$)	13,38 \pm 1,99	14,91	10,16	17,84

Tabla II. Indicadores reproductivos de las vacas con y sin deficiencia de Zn (Reproductive indicators of cows with and without Zn deficiency).

Indicador	Zn deficiente (n=68)	Zn normal (n=75)
IPPI (días)	190,88 ± 4,67 ^a	137, 74 ± 4,44 ^b
PS (días)	221,25 ± 6,88 ^a	180,35 ± 6,55 ^b
IPP (días)	502,79 ± 8,89 ^a	461,53 ± 6,56 ^b
II (U)	1,86 ± 0,10 ^a	1,90 ± 0,10 ^a
Gestación al primer servicio p (%)	0,5376 (53,7) ^a	0,5263 (52,6) ^a

Legenda. ^{a, b} letras diferentes en los superíndices dentro de la misma fila indican diferencias estadísticas p<0,001 (t-Student para muestras independientes). P: proporciones.

constituyen un riesgo relativo significativo para la presentación del APP [RR= 1,74 (p= 0,0070, IC 95 % 1,13-2,70)] y menores de 14 µmol/L [RR= 2,69 (p= 0,0000; IC 95 % 1,78-4,05)], en cambio, cuando son superiores a 15 µmol/L no hay asociación significativa [RR= 1,04 (p= 0,8282, IC 95 % 0,68-1,61)]. Estos resultados son las ventajas de los estudios analíticos observacionales, que permiten conocer el impacto de un factor de exposición sobre la variable respuesta (Karaman et al., 2007, p. 65; Ajakaiye et al., 2011, p.49; Garcia et al., 2012, p. 120).

Estos resultados indican que una vez que la cinquemia descienda de 15 µmol/L, superiores a los 13,01 µmol/L que es el límite inferior del parámetro de referencia e indicativo de deficiencia (García, 2016; p. 74) ya es un factor de riesgo para la presentación del APP, corroborando que en las enfermedades carenciales, antes que aparezcan los cambios bioquímicos y los síntomas clínicos se afectan el sistema inmune y el máximo y normal comportamiento reproductivo y productivo (Kellogg et al., 2004, p. 298).

Estudios realizados en vacas Holstein, cuyo alimento base fue el pasto se encontró alta proporción de vacas con hipocinquemia y que la deficiencia de este microelemento estuvo entre los factores que determinaron los indicadores reproductivos del rebaño (Balarezo et al., 2016, p. 385) aunque no cuantifican

la magnitud real del impacto de la cinquemia sobre el APP bovino, lo que pudiera ser uno de los aportes novedosos de este trabajo.

En la región andina de Ecuador las hembras hipocinquemicas reiniciaron más más tardíamente la actividad ovárica pos parto (p < 0,05), para la cual esta carencia mineral estuvo asociada y constituyó un factor de riesgo (p= 0,0046); además, tuvieron mayor (p < 0,05) IPPS que las normocinquemicas (Balarezo 2018, p. 60, 79, 80). Estos resultados indican que esta carencia mineral ocasiona anestro posparto.

Los valores del RA fueron de 66, 50 y 40 % para las concentraciones inferiores a 14, 15 y 16 µmol/L, respectivamente, la FE observada fue de 62, 42 y 5 %, indican el por ciento de vacas que tuvieron APP por el hecho de estar expuestos o tener cinquemias menores de 14, 15 y 16 µmol/L, por igual orden y la FEP encontrada representa que se puede obtener una reducción del 38, 27 y 3 % de los casos de APP en la población si se aplica la suplementación de Zn, según las concentraciones de cinquemia estudiados (Figura 2).

En la Figura 3 se aprecia que cuando la cinquemia fue inferior a 14 µmol/L constituye un factor de riesgo para la repetición de servicio [RR= 5,20 (p= 0,0000; IC 95 % 2,95-9,16)], igual que cuando es menor que 15 µmol/L [RR= 3,83 (p= 0,0000, IC 95 % 2,57 a 5,73)] y no lo fue en cuando se consideran todos los animales que tienen menos de 16 µmol/L, [RR= 1,77 (p= 0,1191, IC 95 % 0,90 a 2,96)].

El RA fue de 75, 63 y 21 % para las concentraciones inferiores a 14, 15 y 16 µmol/L, respectivamente, la FE fue 95, 73 y 43 % e indican el por ciento de vacas que tuvieron repetición de servicio por estar expuestos o tener cinquemias inferiores a 14, 15 y 16 µmol/L, respectivamente; mientras, la FEP indica que se puede reducir este trastorno en el 65, 50 y 32% de los dentro de la población si se aplica la suplementación de Zn a animales que tengan esas concentraciones de cinquemia (Figura 4).

Los resultados de este estudio indican que la suplementación del Zn tendrá impactos beneficiosos sobre el

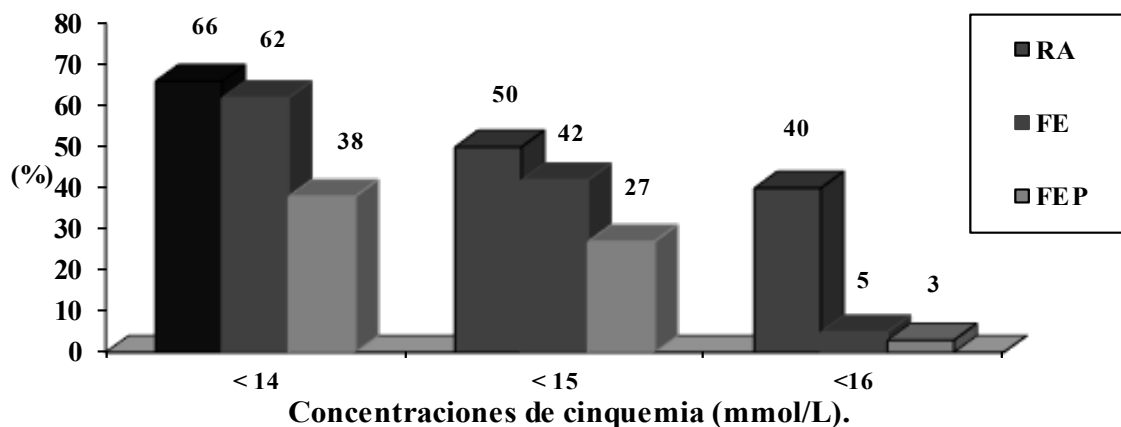


Figura 2. Valores del RA, FE y FEP para el APP en vacas lecheras con diferentes concentraciones de cinquemia (Values of RA, FE and EFF for PPP in dairy cows with different concentrations of cynquemia).

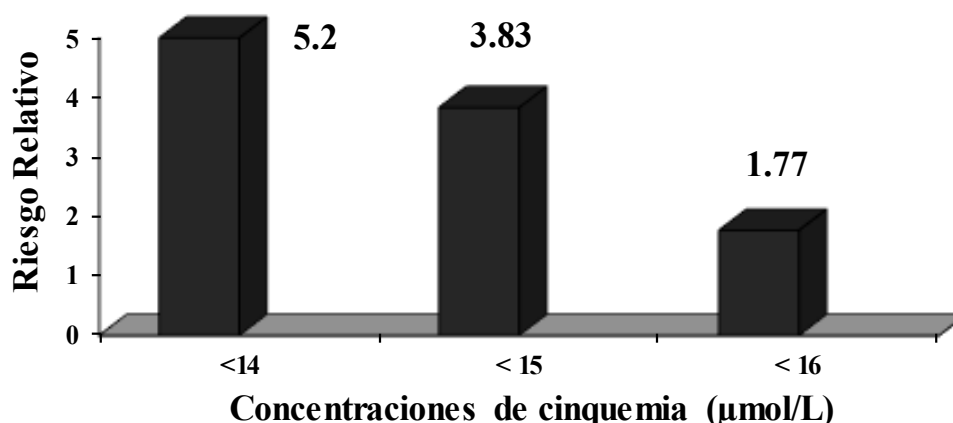


Figura 3. Riesgo relativo de la presentación de la repetición de servicio en vacas lecheras con diferentes concentraciones de cinquemia (Relative risk of the presentation of repetition of service in dairy cows with different concentrations of cynchemia).

comportamiento bioprodutivo en los animales tengan cinquemias $\leq 15 \mu\text{mol/L}$, con la que se alcanzaría un efecto inmediato productivo y económico, motivado por la mejora del comportamiento reproductivo de los rebaños, disminuyendo los costos por tratamientos hormonales del anestro y la repetición de servicio; como ha sido recomendado por otros autores (Noval et al., 2016, p. 378; García et al., 2017, p. 370).

El Zn^{2+} actúa en procesos metabólicos relacionados directamente con la reproducción y es cofactor de más de cien enzimas, entre ellas la superóxido dismutasa (SOD), fundamental dentro del sistema antioxidante del organismo (Miller, 2004, p. 166), la anhidrasa carbónica (AC; EC 4.2.1.1), encargada de interconvertir ácido carbónico en CO_2 , manteniendo la respiración celular y el equilibrio ácido-base del organismo (Lichten, 2006, p. 287) y la piruvato quinasa (EC, 2.7.1.40) que participa en la glucólisis, catalizando la transferencia de un grupo fosfato del fosfoenolpiruvato al adenosín difosfato (ADP), produciendo una molécula de piruvato y otra de adenosín trifosfato (ATP) (Tubek, 2007, p. 8).

La SOD está vinculada directamente con el sistema antioxidante y es dependiente del Cu, Zn y Mn (An-

drieu, 2008, p. 78), se considera la primera línea de defensa antioxidante, desdobra el anión superóxido (O_2^-) que se produce en el CL y luego se transforma en las células luteales en peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Este no es un radical libre (Abuelo et al., 2015, p. 1012) pero sí luteolítico e inhibidor del transporte de colesterol a la mitocondria para convertirse en pregnenolona, lo que provoca que disminuya la formación de progesterona (P_4) (Márquez et al., 2011, p. 27).

El Zn es indispensable para la síntesis de la Hormona Luteinizante (LH), que induce la maduración del folículo pre ovulatorio y la ovulación (Yatoo et al., 2013, p. 964). Por lo anterior el Zn es esencial para la producción de estrógenos (E_2) y P_4 y su deficiencia aumenta la producción de óvulos no viables, fallas en la maduración de ovocitos y la ovulación, retardo en el inicio de la pubertad y anomalías fetales (Campos et al., 2005, p. 115).

Estados carenciales de Zn provocan alteración en el metabolismo de los carbohidratos, proteínas, lípidos, ADN, vitamina A y especialmente de ácido araquidónico y la síntesis de prostaglandinas lo que provoca eficiencia de utilización de la energía y consecuente-

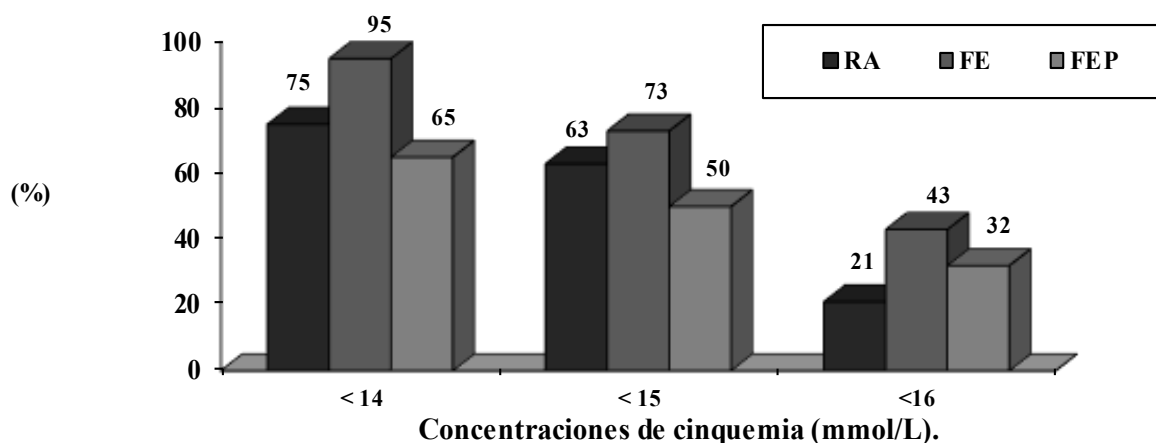


Figura 4. Valores del RA, FE y FEP para la repetición de servicio con diferentes concentraciones de cinquemia (Values of the RA, FE and FEP for replay of service with different concentrations of cynchemia).

mente, trastornos de las funciones del eje hipotálamo, hipófisis ovario, inhibiendo la secreción y la amplitud y frecuencia de los pulsos de LH, que afecta directamente la vida del cuerpo lúteo y la producción de P₄ por las células luteales (Hackbart et al., 2010, p. 3868; Yatoo et al., 2013, p. 966) lo que afecta el adecuado comportamiento reproductivo de las vacas lecheras.

El Zn está involucrado en la reorganización de folículos ováricos mediante la enzima metaloproteinasa-2 (MMP-2), que es dependiente de este microelemento (Kendall et al., 2006, p. 467), que cumple un papel importante en la producción de P₄ por las células del Cuerpo lúteo (CL) a través de la actividad de la enzima SOD (Sales et al., 2011, p. 59). Además, el Zn es esencial para la secreción y función de las hormonas tiroideas y su deficiencia disminuye la fertilidad, provoca anestro y aborto (Yatoo et al., 2013). En vacas Holstein con hipocinquemia en la región las regiones andinas de Ecuador tuvieron por comportamiento reproductivo que las que no tenían esta carencia mineral (Balarezo et al., 2016, p. 385).

Se concluye que existe un marcado deterioro de los indicadores de eficiencia reproductiva de los rebaños como consecuencia del alargamiento del periodo de APP y la cinquemia tiene una correlación negativa y altamente significativa con el APP y el IPC y cuando desciende de 15 µmol/L constituyen un factor de riesgo significativo para la presentación del APP y la repetición de servicio.

BIBLIOGRAFÍA

- Abuelo, A., Hernández, J., Benedito, J.L. & Castillo, C. 2015. The importance of the oxidative status of dairy cattle in the periparturient period: revisiting antioxidant supplementation. *J Anim Physiol Anim Nutr.* Vol. 99, no. 6, pp. 1003-1016.
- Ajakaiye, J.J., Pérez-Bello, A., Cuesta-Mazorra, M., García-Díaz, J.R. & Mollineda-Trujillo, A. 2011. Vitamins C and E can Alleviate Adverse Effects of Heat Stress on Live Weight and Some Egg Quality Profiles of Layer Hens. *Pak Vet J.* Vol. 31, no. 1, pp. 45-49.
- Andrieu, S. 2008. Is there a role for organic trace element supplements in transition cow health? *Vet J.* Vol. 176, pp. 77-83.
- Balarezo, L.R. 2018. Efecto de la suplementación energético mineral en el estado metabólico y comportamiento reproductivo de vacas Holstein en la región andina de Ecuador. Tesis de doctorado. Universidad central "María Abreu" de las Villas. pp 60-80.
- Balarezo, L.R. García-Díaz, J.R., Hernández-Barreto, M.A. & García López, R. 2016. Metabolic and reproductive state of Holstein cattle in the Carchi region, Ecuador *Cuban Journal of Agricultural Science.* Vol. 50, no. 3, pp. 381-392.
- Brito, R., Blanco, G.S., Calderón, R., Preval, B. & Campo, E. 2010. Patología de la Reproducción Animal. 2da edición. Editorial "Félix Varela", La Habana, Cuba. 1-41 pp.
- Campos, R., González, F., Lacerda, L. & Coldebella, A. 2005. Perfil metabólico en pool de sueros de muestras individuales. *Arch. Zootec.* Vol. 54, pp. 113-118.
- García, J.R. 2018. Anestro o baja eficiencia en la detección del estro? *Revista ACPA,* Vol. 37, no.1, pp. 20-21.
- 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.* Vol. 44, no. 3, pp. 227-231.
- García J.R., García R., Cuesta M., Figueredo J.M., Quiñones R. & Faure R. 2010b. Blood copper levels and their influence on reproductive indicators of cows in tropical conditions. *Cuban J. Agric. Sci.* Vol. 44, no.3, pp. 233-239.
- García, J.R., Munyori, H., Cuesta, M., Quiñones, R., Figueredo, J.M., Noval, E. & Mollineda, A. 2012. Therapeutic efficacy and pharmacological safety of parenteral supplementation of different concentrations of copper in cows. *ArchivTierzucht.* Vol. 55, no. 1, pp. 25-35.
- García, J.R. 2016. Perfil metabólico del bovino lechero en la región central de Cuba. Editorial Académica Española. Primera edición, ISBN: 978-3-8417-6395-2. Saarbrücken, Alemania. pp 61-85.
- García, J.R., Hernández-Barreto, M.A. & Pazinato, Juliana. 2017. Eficacia de dos tratamientos hormonales para la inducción del celo en la vaca lechera. *Arch. Zootec.* Vol. 66, no. 253, pp. 267-278.
- 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.* Vol. 53, pp. 50-65.
- 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. *J Anim Sci.* Vol. 88, no. 12, pp. 3856-3870.
- Hernández, J.H. 2012. Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros. Ed. Universidad Autónoma de México (UNAM), Tera edición. ISBN: 978-607-00-5524-9. Pp. 20-21-98, 96-98.
- Karaman, S., Tarhan, S. & Ergunes, G. 2007. Analysis of indoor climatic data to assess the heat stress of laying hens. *UNES.* Vol. 1, no. 2, pp. 65.
- 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. *Professional Animal Scientists. The Professional Animal Scientists,* Vol. 20, no. 4, pp. 295-301
- Kendall, N.R., Marsters, P., Guo, L., Scaramuzzi, R.J. & Campbell, B.K. 2006 Effect of copper and thiomolybdates on bovine theca cell differentiation in vitro. *J. Endocr.,* Vol. 189, pp. 455-463.
- Lichten L.A., 2006. Mammalian zinc transport, trafficking, and signals. *J Biol Chem.* Vol. 281, no. 34, pp. 285-290.
- Márquez, Y.C., Márquez, A., Fuentes, M., Salas, Y. & López-Ortega, A. 2011. Estado oxidativo de cuerpos lúteos maduros y regresivos en bovinos. *Rev. Vet.* Vol. 22, no. 1, pp. 25-31.
- Mazzucchelli, F., Parrilla, G. & Pérez-Salas, J.A. 2010. Apuntes sobre interpretación de los índices de eficiencia reproductiva en el ganado vacuno de leche. *CYSB.* Vol. 30, no. 13, pp. 40-47.
- 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.
- Miller A.F, 2004. Superoxide dismutases: active sites that save, but a protein that kills. *Curr Opin Chem Biol.* Vol. 8, no. 2, pp. 162-168.
- Noval, A. E., García, D. J. R., García-López, R., Quiñones, R. R. & Mollineda, T. A. 2014. Caracterización de algunos componentes químicos, en suelos de diferentes agroecosistemas ganaderos. *Centro Agrícola,* Vol. 41, no. 1, pp. 25-31.
- Noval, E., García-Díaz, J.R., García-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.* Vol. 50, no. 2, pp. 371-380.
- O'Connor, M.L. 2007. Estrus Detection. In: Youngquist, R.S, Threlfall, W.R. editors. *Large Animal Theriogenology 2.* St. Louis, Missouri: Saunders: 270-278.
- 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.* Vol. 30, no. 1y2, pp. 31 - 37.
- Sales, J.N.S., Pereira, R.V.V., Bicalho, R.C., & Baruselli, P.S. 2011. Effect of injectable copper, selenium, zinc and manganese on the pregnancy rate of crossbred heifers (*Bos indicus* x *Bos taurus*) synchronized for timed embryo transfer. *Livestock Sci.* Vol. 142, no. 1-3, pp. 59-62.
- Statgraphis Centurion Ver. XV.II. 2006. Edición Multilingüe. StatPoint, Inc. Statistical Graphic Corp. Warrenton, Virginia.
- Thrusfield, M. 2005. *Veterinary Epidemiology,* 3^o edition. Blackwell Science Ltd., Oxford, UK. pp. 53-61.
- Tubek S. 2007. Zinc supplementation or regulation of its homeostasis: advantages and threats. *Biol Trace Elem Res.* Vol. 119, no. 1, pp. 1-9.
- Yatoo, M.I., Saxena, A., Deep, a P.M., Habeab, B.P., Devi, S., Jatav, R.S. & Dimri, U. 2013. Role of Trace elements in animals: a review, *Veterinary World.* Vol. 6, no. 12, pp. 963-967.