

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE Cu Y Zn  
SOBRE EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE  
VAQUILLAS HOLSTEIN**

**POR**

**NORA ELIA MEZA GÓMEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE Cu Y Zn SOBRE  
EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE VAQUILLAS  
HOLSTEIN**

**Aprobada por:**

---

**DR. CARLOS LEYVA ORASMA**  
Asesor Principal

---

**M.C.V. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ**  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Tesis que se somete a consideración del H. Jurado  
Examinador y aprobada como requisito parcial para obtener el  
grado de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**



---

DR. CARLOS LEYVA ORASMA  
Presidente



---

M.C. JUAN LUIS MORALES CRUZ  
Vocal



---

M.C.V. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ  
Vocal



---

DR. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE  
Vocal suplente

## *AGRADECIMIENTOS.*

### *A DIOS:*

*Por haberme permitido vivir una etapa tan importante en mi vida y ahora me ayuda a cumplirla.*

### *A MIS PADRES:*

*A mi mamá porque día a día me dio pequeños y grandes consejos para terminar mi carrera y me llenó de ganas de ser alguien. A mi papá porque siempre me ha apoyado.*

*A MI COASESORES: JUAN LUIS MORALES,  
CARLOS LEYVA, RAMON DELGADO Y JUAN  
DAVID HERRNANDEZ.*

*Por su tiempo, apoyo y sobre todo por su paciencia,  
su asesoramiento que brindan sin limitar conocimientos  
y explicaciones claras.*

## *DEDICATORIA.*

### *A MI MADRE PATRICIA GÓMEZ PEREZ.*

*Señora si no me hubieras enseñado, apoyado y pasado por tantas cosas yo no hubiera ni llegado a la mitad de lo que he recorrido, porque has sido mi madre las 24 horas del día y los 365 días al año sin descanso.*

### *A MI PADRE JOSE BENITO MEZA.*

*Papá porque desde que entre a la carrera no me negaste nada y siempre me apoyaste incondicionalmente para que sola me dedicara a estudiar y aun ahora lo ases.*

### *A MI HERMANA KARINA MEZA.*

*Por saber ser la hermana que siempre me ayudó en todo lo que estuvo a su alcance.*

## INDICE GENERAL

RESUMEN .....	V
I. Introducción .....	1
I. Objetivo.....	2
II. Hipótesis .....	2
III. Revisión de la literatura .....	2
3.1. Función de los minerales en el bovino. ....	2
3.2. Composición mineral en el bovino. ....	3
3.3. Desordenes minerales. ....	4
3.3.1 Trastornos por deficiencias de cobre .....	4
3.3.2. Trastornos por deficiencia de Zinc. ....	6
4. Diagnóstico de hipocuprosis.....	7
4.1. Biodisponibilidad y suplementación de Cu y Zn en bovinos.....	9
5. Materiales y Métodos.....	11
6. Resultados y Discusión.....	12
7. Conclusiones .....	14
Agradecimientos especiales:.....	14
8. Literatura citada .....	15

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Concentración sanguínea preparto y postparto de calcio, fósforo y magnesio en vacas lecheras.....4

Tabla 2. Tasa de concepción a primer servicio en vaquillas Holstein tratadas a base de cobre y zinc.....14

## INDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Efecto de la suplementación de cobre y zinc en vaquillas sobre el porcentaje de hembras detectadas a primer celo.....12

**Figura 2.** Efecto de la suplementación de cobre y zinc en vaquillas sobre el porcentaje de hembras inseminadas a primer servicio.....13

## RESUMEN

### EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE COBRE Y ZINC SOBRE EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE VAQUILLAS HOLSTEIN POR NORA ELIA MEZA GÓMEZ

Con el objetivo de valorar el efecto de la suplementación subcutánea de un preparado de cobre y zinc sobre algunos indicadores reproductivos se seleccionaron 146 vaquillas próximas a la incorporación de la reproducción de un establo lechero de la Comarca Lagunera. El total de animales, se dividieron aleatoriamente en dos grupos, 1) Grupo Tratados (78), 2) Grupo Testigo (68). A las vaquillas del grupo tratado se les administró por vía subcutánea 4 mL de un preparado de cobre y zinc, mientras que el grupo control no recibió tratamiento alguno. Las variables que se analizaron en cada grupo fueron porcentaje de hembras a primer celo, porcentaje de hembras inseminadas y tasa de concepción a primer servicio. Estas variables fueron analizadas durante 1 mes de observación. Los resultados mostraron que durante el periodo de observación el porcentaje a primer celo fueron 78% para el grupo tratado y 62% para el grupo testigo encontrando una diferencia significativo ( $P=0.5$ ) a favor del grupo tratado. El porcentaje de hembras que fueron inseminadas a primer servicio fueron 98.4% y 60% para tratadas y testigo respectivamente ( $P=0.001$ ). De igual manera la tasa de concepción a primer servicio fueron 98.4% y 60% para tratadas y testigo respectivamente ( $P, 0.05$ ). Se concluye que la suplementación de un preparado de cobre y zinc por vía subcutánea en vaquillas próximo a la incorporación a la reproducción, mejora significativamente el porcentaje a primer celo, el porcentaje de vaquillas que se inseminan y la tasa de concepción.

**Palabras Clave:** Cobre, Zinc, Suplementación, Fertilidad, Vaquillas.



## Introducción

El cobre (Cu) y el zinc (Zn) son microminerales que desempeñan funciones importantes en la reproducción y en la salud del animal. El Cu, es un elemento esencial para los sistemas de enzimas del cuerpo, y acompañado del hierro, es necesario para la síntesis de hemoglobina. El Zn es un micromineral que interviene en el metabolismo de proteínas y procesos celulares y que se distribuye por cabello, músculo y también en fluidos reproductivos (Underwood, 1977).

De acuerdo a Underwood (1983), el Cu en el bovino se absorbe a nivel intestinal y es depositado en el hígado, donde se distribuye por vía sanguínea hacia los tejidos, para así ser incorporado a metaloenzimas dependientes del Cu y se elimina principalmente por bilis, y en menor grado por la leche y orina. Durante la gestación es importante la transferencia de Cu hacia el feto. También participa en el metabolismo del hierro, este elemento es fundamental para la formación de la hemoglobina, lo cual una deficiencia provocará anemia en el bovino. Así también se observan problemas en la reproducción a nivel de ovarios, según Ward y Spears (1996) y Bach (2002).

La hipocuprosis es una de las carencias minerales más comunes en el mundo y los signos clínicos que presenta son variados y de gran importancia productiva, incluyendo menor ganancia diaria de peso y resistencia a infecciones y trastornos reproductivos (García y Cuesta, 2006).

Las principales causas del retraso del crecimiento, bajo peso, y pobre condición corporal, se dan al inicio de la pubertad en los bovinos, como consecuencia de un mal manejo de la alimentación, que tengan una baja disponibilidad de minerales durante la etapa de desarrollo. Otros signos muy notorios de esta carencia en los bovinos son alteraciones en el pelaje siendo así un signo característico de la deficiencia de los minerales (Aparicio, 2007).

## **I. Objetivo**

Determinar el efecto de la suplementación de Cu y Zn sobre algunos parámetros reproductivos como días a primer celo, días a primer servicio y tasa de concepción en vaquillas Holstein.

## **II. Hipótesis**

La suplementación de un preparado de Cu y Zn vía subcutánea promueve efectos positivos en el desarrollo reproductivo en vaquillas Holstein.

## **III. Revisión de la literatura**

### **3.1. Función de los minerales en el bovino.**

Los minerales constituyen del 4% al 6% del cuerpo de los animales vertebrados, y cumplen diversas funciones importantes en el organismo como los procesos metabólicos. Estos, también ejercen sus funciones esenciales a diferentes niveles dentro del organismo animal, y ya que hay diferencias importantes entre los distintos minerales, existen esquemas generales para todos ellos. El lugar donde los minerales ejercen sus funciones específicas es a nivel de tejidos, donde tienen funciones estructurales como la formación de huesos y otros tejidos de sostén o funciones metabólicas como componentes de enzimas o coenzimas y transmisión del impulso nervioso (Church y Pond, 1998).

El Zn es esencial como Cofactor de sistemas enzimáticos y para el buen funcionamiento del sistema inmune (Church y Pond, 1998). En el caso del Cu, también es un cofactor de sistemas enzimáticos y participa en la síntesis de hemoglobina. Si los bovinos son suplementados con Cu se observa un mayor número de celos y mejoramiento de las tasas de servicio por concepción e incremento en los porcentajes de preñez (Suttle, 1980; Suttle, 2010).

### 3.2. Composición mineral en el bovino.

En la nutrición animal es necesario tener en cuenta que se requieren 21 elementos esenciales, en cantidades altas e importantes como macrominerales, Calcio, Fósforo, Potasio, Sodio, Cloro, Magnesio, y Azufre y otros en pequeñas cantidades como microminerales u oligoelementos, Cobalto, Cobre, Iodo, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Selenio y Zinc, para que cumplan funciones vitales y estructurales y que participen en diferentes reacciones, así como en el sistema inmunitario (Ciria *et al.*, 2005)

La baja ingestión de estos minerales pueden causar deficiencias que afectan la productividad y la salud, también el exceso de algunos provoca intoxicaciones, además de carencias. Los rumiantes consumen alimentos con cantidades variables de minerales, dependiendo del lugar geográfico donde se encuentren y del estado de madurez de los vegetales. Por lo tanto, con la finalidad de prevenir carencias, cuando existen variaciones estacionales en el tipo de alimentos que ingieren los animales, se requiere utilizar suplementos minerales en la dosificación correcta (Fazzio *et al.*, 2004).

La concentración de minerales en la sangre de los rumiantes es variable dependiendo de la edad, raza y sexo, además del contenido de estos en los suelos y las formas químicas como se presentan, las cantidades en las que se consumen, así como el nivel de producción y las interacciones minerales que se establecen entre sí y con compuestos orgánicos dentro del organismo (Alvarez, 2001).

De acuerdo a Herdt y Hoff (2011), los niveles de Cu en plasma están entre 11.0 y 19.0  $\mu\text{mol/L}$  (70 - 120  $\mu\text{g/dL}$ ), y los valores de Zn son de 12 a 24  $\mu\text{mol/L}$  (80 - 200  $\mu\text{g/dl}$ ). Además, la vitamina E y el Selenio (Se) son micronutrientes esenciales que junto con la vitamina A, vitamina C, Zn, Cu, hierro y manganeso, intervienen en las defensas antioxidantes del

organismo (Bendich, 1993). En el caso del calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg), los valores se observan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Concentración sanguínea preparto y postparto de calcio, fósforo y magnesio en vacas lecheras.

	Preparto		Postparto	
	$\bar{X} \pm DE$	Rango	$\bar{X} \pm DE$	Rango
<b>Baja producción (15 L/día):</b>				
Calcio (mmol/L)	2.41±0.10 <sup>a</sup>	2.2 – 2.6	2.39±0.10 <sup>b</sup>	2.2 – 2.7
Fósforo (mmol/L)	2.38±0.61 <sup>a</sup>	1.3 – 3.8	2.22±0.65 <sup>a</sup>	1.0 – 3.9
Magnesio (mmol/L)	0.82±0.03	0.8 – 0.9	0.83±0.05	0.7 – 0.9
<b>Alta producción (24 L/día):</b>				
Calcio (mmol/L)	2.42±0.11	2.1 – 2.7	2.40±0.12	2.2 – 2.7
Fósforo (mmol/L)	1.90±0.46 <sup>b</sup>	1.1 – 2.9	1.92±0.44 <sup>b</sup>	1.2 – 2.9
Magnesio (mmol/L)	0.84±0.04	0.7 – 0.9	0.83±0.03	0.8 – 0.9

<sup>a, b</sup> Letras diferentes entre grupos (p<0.05)

(Tomado de Ceballos *et al.*, 2004)

### 3.3. Desordenes minerales.

Las deficiencias de minerales se manifiestan con trastornos reproductivos, y puede atribuirse a la deficiencia de Cu y Zn, ya que éstos elementos participan en la función de la secreción de gonadotropinas desde la hipófisis y a la reducción del estrés oxidativo a nivel ovárico (Bach, 2002).

#### 3.3.1 Trastornos por deficiencias de cobre

La deficiencia de Cu causa en animales bajo crecimiento, anemia, pérdida de color del pelo, fragilidad ósea y problemas pódales. En la reproducción, se puede observar infertilidad, bajo porcentaje de gestación, anestro o alteraciones estrales, abortos, mortalidad embrionaria, bajo lívido, retraso en la pubertad y retención placentaria (Suttle, 1980; Suttle, 2010). Además, se han observado trastornos gastrointestinales caracterizados con diarrea, que se presenta con mucha frecuencia en casos de deficiencia de Cu condicionada por exceso de molibdeno (Mo). Estos signos se deben a

daños bioquímicos precedidos por la disminución de las concentraciones hepáticas y plasmáticas de Cu, y obedecen a una menor actividad enzimática. La deficiencia puede ser primaria, por bajos niveles de Cu en la dieta, o puede ser secundaria por la acción de minerales antagónicos como el Mo, mencionado anteriormente, el hierro y azufre, independientemente de que el contenido de Cu en la dieta sea normal, ya que la elevada concentración de los antagonistas puede dificultar su absorción (Balbuena, 1999).

Los signos observados por la deficiencia de Cu son anemia, fracturas espontáneas de huesos rodeados de grandes masas musculares, diarrea, decoloración del pelaje, infertilidad, retardo del crecimiento en terneros y predisposición a múltiples enfermedades, sobre todo cuando la deficiencia está muy marcada. Para evitar pérdidas en la producción, es necesario el diagnóstico precoz mediante un análisis de sangre, o de tejidos, sin esperar la aparición de signos para iniciar un tratamiento de control (Balbuena, 1999).

El Cu participa en el metabolismo del hierro, y éste elemento es fundamental para la formación de la hemoglobina, por lo tanto la deficiencia de Cu se manifiesta con anemia (Underwood, 1983). La diarrea se puede presentar con más frecuencia en casos de deficiencia de Cu condicionada por exceso de Mo, también se asocia a la deficiencia simple del Cu debido a deficiencia de Cu en la dieta, y además puede causar muerte súbita, inmunosupresión, hemoglobinuria, bajo desarrollo corporal y por lo tanto, baja ganancia de peso (García, 2010).

Estos signos obedecen a daños bioquímicos que precedidos por disminuciones en las concentraciones hepáticas y plasmáticas de Cu, obedecen a una segunda actividad enzimática. En estos cambios mencionados por García, (2010), se definen las etapas de la enfermedad y son empleados en el diagnóstico de la deficiencia.

Las deficiencias de Cu asociadas con infertilidad, ocasionan retraso en la pubertad, fallas en la presentación de celos, baja secreción de

gonadotropinas desde la hipófisis y la reducción del estrés oxidativo a nivel ovárico (García, 2010).

La sinología más marcada en la hipocuprosis es la alteración del pelaje con cambios de color y aspecto despigmentado conocido como acromotriquia, siendo esta un signo característico de la deficiencia que se manifiesta con un tono gris o café claro en zonas oscuras y que suele observarse alrededor de los ojos llamado anteojeras (Bolasell, 2005). La acromotriquia, según Underwood (1977), suele ser el primer signo clínico de la deficiencia, presentándose aun cuando el aporte de Cu, a los tejidos es suficiente para prevenir otros signos.

### **3.3.2. Trastornos por deficiencia de Zinc.**

El Zn es un microelemento esencial para la salud del bovino, su carencia genera problemas de salud asociados a fallas inmunitarias, reproductivas, de crecimiento y de integridad de la piel y pezuñas (Corbellini *et al.*, 1997).

Las funciones más comprometidas durante su carencia serían la expresión génica, la defensa antioxidante del organismo y el consumo de alimento. Sus requerimientos son discutibles y variables, aunque aumentan durante las lactancias intensas o ante situaciones de estrés. Las pérdidas productivas por esta carencia se deben a fallas inmunológicas, menor ganancia de peso, fallas reproductivas y mayor incidencia de lesiones y probablemente en este orden (Rosa y Fazzio, 2008). En el caso de las terneras tienen crecimiento lento y pubertad retardada (Underwood *et al.*, 2001).

También las deficiencias de Zn afectan el desarrollo testicular en los toros, ocasionando una reducida producción de espermatozoides y el retraso en su proceso de maduración. En la deficiencia de Zn también se observa un decremento en la utilización de la vitamina A, observándose signos de

deficiencia de esta vitamina. Por otra parte, la ingestión de grandes cantidades de calcio y fósforo disminuyen la absorción del Zn a nivel intestinal (Underwood *et al.*, 2001).

Al no haber un adecuado aporte de Zn se reduce el consumo de alimento, produciendo una disminución del crecimiento y una mala conversión alimenticia, así alteraciones en la piel, observándose esta reseca, escamosa y con grietas, inflamación de nariz y boca, endurecimiento de las uniones mucocutáneas, pérdida y aspereza del pelo (Underwood *et al.*, 2001).

Con respecto a la reproducción, tanto la espermatogénesis, como el crecimiento testicular y desarrollo de órganos sexuales primarios y secundarios en el macho, así como en todas las fases de los procesos reproductivos de la hembra, el estro, el parto y la lactancia se ven afectados por la deficiencia. Además el Zn, junto con el Cu y el selenio, participan en la reducción del estrés oxidativo a nivel ovárico, y la deficiencia de estos minerales puede afectar estos procesos (Rosa y Mattioli, 2009).

Por otra parte, es importante considerar otras deficiencias ya que la falta de selenio, se asocia a miopatías en becerros de 1 a 4 meses de edad, pero en animales adultos se relaciona con desórdenes reproductivos y productivos como retención de placenta, abortos, mortalidad embrionaria temprana e infertilidad, mastitis clínica y subclínica, mayor recuento de células somáticas en leche, entre otras (Gerloff, 1992), signología similar a la deficiencia de Cu y Zn.

#### **4. Diagnóstico de hipocuprosis.**

El diagnóstico de la hipocuprosis debe estar dirigido inicialmente a la identificación de la deficiencia de Cu en los animales, y posteriormente, de forma inmediata, a la investigación de las causas que la provocaron (Kegley y Spears, 1994). El primero nos permite analizar el equilibrio o desequilibrio del Cu en los animales, y el segundo, nos ayuda a identificar el origen de la deficiencia en el medio ambiente, identificando zonas de riesgo que

caracterizan el comportamiento epidemiológico de la enfermedad. Sin embargo, no se ha identificado un parámetro preciso que indique el momento exacto en que los animales comienzan la hipocuprosis (Mulligan *et al.*, 2006). Por lo tanto, el diagnóstico se emplea para determinar las concentraciones de Cu en hígado y en la sangre como indicadores indirectos, y la actividad de varias cuproenzimas como indicadores directos del desbalance bioreproductivo (Kegley y Spears, 1994).

Los valores normales de Cu indican que éste se encuentra en el hígado a una concentración entre 100 a 400 ppm en base seca, y es el primer indicador que se altera y guarda una relación lineal con la absorción intestinal cuando la dieta no cubre los requerimientos. Sin embargo, los valores de Cu en hígado son un buen indicador de depósito, pero un insensible indicador de deficiencia. Esto queda de manifiesto en las diferentes concentraciones hepáticas sugeridas como indicadores de pérdidas productivas. Por lo tanto, una leve deficiencia de Cu, señala que la reserva hepática ya no es capaz de mantener el nivel plasmático normal, aunque no se vean afectadas las enzimas dependientes de Cu en los tejidos, ya que los animales no muestran comúnmente signos clínicos importantes de la enfermedad (Kincaid *et al.*, 1986; Ward y Spears, 1996).

El principal problema se encuentra en la amplia variabilidad de la aparición de signos por la deficiencia de Cu y el desarrollo de las alteraciones patológicas, determinados por la reserva inicial de Cu en hígado que tenga el animal. Cuando hay hipocupremia severa, y por tiempos prolongados de hasta 30 días, se altera el balance de más del 50% de los niveles de Cu en hígado (Ward y Spears *et al.*, 1993). En este caso, cuando el diagnóstico es difícil, se toman en cuenta los signos clínicos como son la despigmentación del pelo, conocida como acromotriquia, que se observa con un tono pálido en zonas oscuras de animales con pelo negro o café oscuro, inicialmente, esto puede ser más evidente alrededor de los ojos. Es importante saber que la acromotriquia puede ser el primer signo clínico de la deficiencia, aun cuando la cantidad de Cu sea suficiente para prevenir otros signos (Ward y Spears, 1993).



Los signos clínicos de despigmentación son debido a alteraciones bioquímicas del metabolismo de la melanina que obedecen a una menor actividad enzimática después de la disminución de Cu en hígado y plasma. Estos cambios definen las etapas de la enfermedad y son empleados en el diagnóstico de la deficiencia. La hipocuprosis puede ser simple o condicionada por elevadas concentraciones de Mo, Fe o S en la dieta (Muehlenbeinet *al.*, 2001).

#### **4.1. Biodisponibilidad y suplementación de Cu y Zn en bovinos.**

Existe una amplia variación en la biodisponibilidad de Cu entre los ingredientes de piensos procedentes de plantas. El Cu en los ingredientes de los alimentos procedentes de plantas tiene una biodisponibilidad de 48% en harina de gluten de maíz, 38% en soya descascarada, 41% en harina de semilla de algodón, 44% en cáscaras de cacahuete y de 47% en cascarilla de soya (Aoyagi *et al.*, 1993).

Algunas investigaciones mencionan una biodisponibilidad de 7% en relación al sulfato de cobre cuando midieron la concentración del cobre en plasma (Mills, 1987). Algunos autores reportan que las formas orgánicas de Cu demuestran ser igual o más biodisponibles que el sulfato de cobre, existiendo resultados variables (Kincaid *et al.*, 1986; Ward y Spears, 1996; Muehlenbeinet *al.*, 2001). En las dietas con altas cantidades de Mo, el proteinato de Cu es más biodisponible que el Sulfato de Cu. El sulfato de Cu es una fuente importante de suplementación de Cu, sin embargo, el uso de suplementos orales con dióxido de cobre es una práctica muy común, a pesar de que este compuesto prácticamente no se absorbe en los rumiantes (Kegley y Spears, 1994).

Por otra parte, Las fuentes de Zn pueden estar biodisponibles en fuentes inorgánicas como sulfatos de Zn (Zn Sulfato) u orgánicas como glicinato (Zn Gli). Las dietas con Zn Gli tienen una absorción significativamente mayor que las que tienen Zn Sulfato, la retención de Zn en cada caso es de

33 vs 25. Esto resulta en una menor gravedad de los signos producidos por deficiencia de Zn, utilizando ZnGli, en comparación con ZnSulfato. La utilización metabólica representa un 95% de la dieta de Zn absorbido por ambas fuentes de Zn. En general, la biodisponibilidad de ZnGli es significativamente superior en un 16% que el ZnSulfato (49% vs 42%), principalmente debido a una potencial absorción más alta en presencia de una fuerte componente antinutritivo (fitato) en la dieta (Schlegel y Windisch, 2006).

La suplementación oral con sales orgánicas e inorgánicas de minerales se asocian a las defensas antioxidantes (Zn, Cu y Mn) y mejoran los índices reproductivos en hatos de carne Ahola *et al.*, (2004). Sin embargo, en otro estudio con los mismos minerales más un suplemento de Cu, todos como sales orgánicas, reporta el mejoramiento de la producción lechera y mayores índices reproductivos así como también una reducción de la incidencia de lesiones en vacas Holstein (Ballentine *et al.*, 2002).

Las inyecciones subcutáneas de compuestos a base de Cu, Zn y Mn en dosis por aplicaciones de 50 mg de Cu, 100 mg de Zn y 25 mg de Mn en tres tratamientos, en frecuencias e intervalos de un parto (ocho meses) y dos postpartos (a 30 y 90 días) suministrado a las vacas, ofrece una buena opción para tener animales saludables y productivos, y por lo tanto, ventajas económicas (Underwood, 1977; Cuesta y García, 2011).

En terneros con dosis única de suplementación parenteral de cobre y zinc es eficiente cuando comienza a agotarse la reserva hepática en la mitad del periodo de cría, y que puede ser tan útil en años secos, como insuficiente en años lluviosos (Rosa y Mattioli, 2009).

Las vaquillas lecheras tratadas con Cu y Zn presentan una mejoría en los parámetros productivos y reproductivos sobre las no tratadas. La aplicación parenteral de Cu al parecer es más eficiente, que la suplementación por vía oral, para prevenir y tratar las deficiencias (Pedroso, 2002; García y Cuesta, 2006). También evita las interferencias a nivel

digestivo, además de que puede ser suministrado en momentos precisos en dosis apropiadas y tiene un 90% de almacenamiento hepático con un amplio margen de seguridad (García *et al.*, 2007).

## **5. Materiales y Métodos**

### **Localización del área de estudio:**

El estudio se realizó en un establo localizado en carretera Gómez Palacio-Bermejillo en Gómez Palacio, Durango, México.

El establo cuenta con ganado especializado productor de leche de la raza Holstein. Este hato cuenta con vaquillas para reemplazo; en el cual se encontraban 147 animales en el corral que se utilizó para el experimento.

### **Selección de animales**

El día 0 inició la selección de vaquillas hasta completar 147 animales, de entre 12 y 13 meses de edad, con un peso promedio de 300-325 kg., de ese número total, se asignaron aleatoriamente 78 al lote tratado (S), mientras que 69 al lote testigo (T). Los animales mencionados permanecieron en su corral de origen, hasta la terminación del experimento.

La detección de celo por podómetro durante 24 horas, las cuales fueron inseminadas por un inseminador de alta experiencia en la actividad.

### **Materiales utilizados.**

- Jeringas desechables
- Centrifugadora
- Tubos vacutainer para recolectar sangre
- Agujas

### **Variables analizadas:**

- Días a primer celo.
- Días al primer servicio.
- Tasa de concepción.

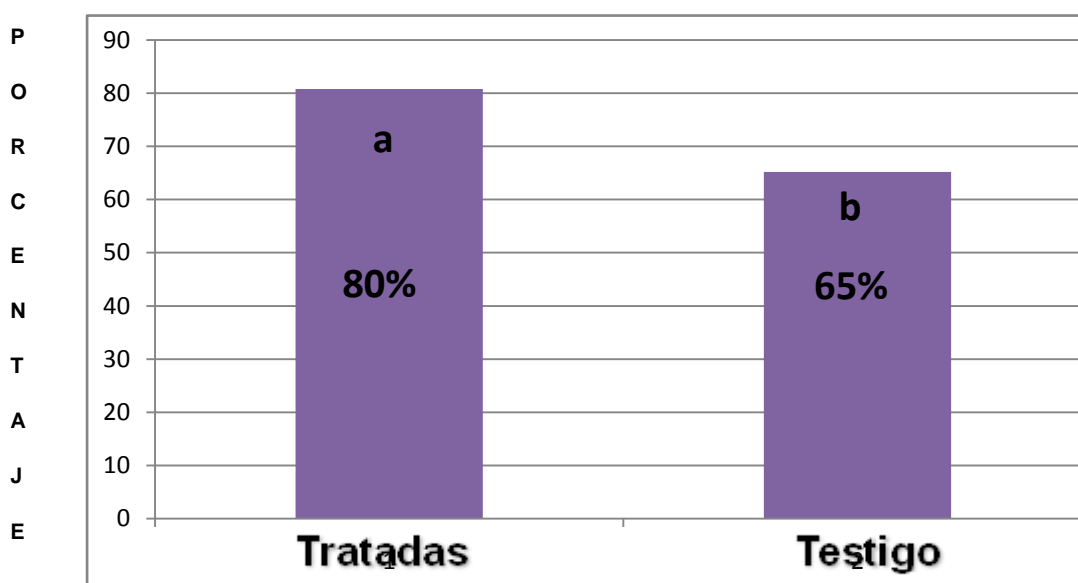
### **Análisis estadístico:**

En este estudio se utilizó el programa MYSTAT versión para estudiantes. Se consideraron análisis de varianza (ANOVA) para las variables días a primer celo y días a primer servicio. Para el caso de las variables con proporciones como la Tasa de concepción, fueron analizadas por una prueba de  $J^2$ .

### **6. Discusión y Resultados.**

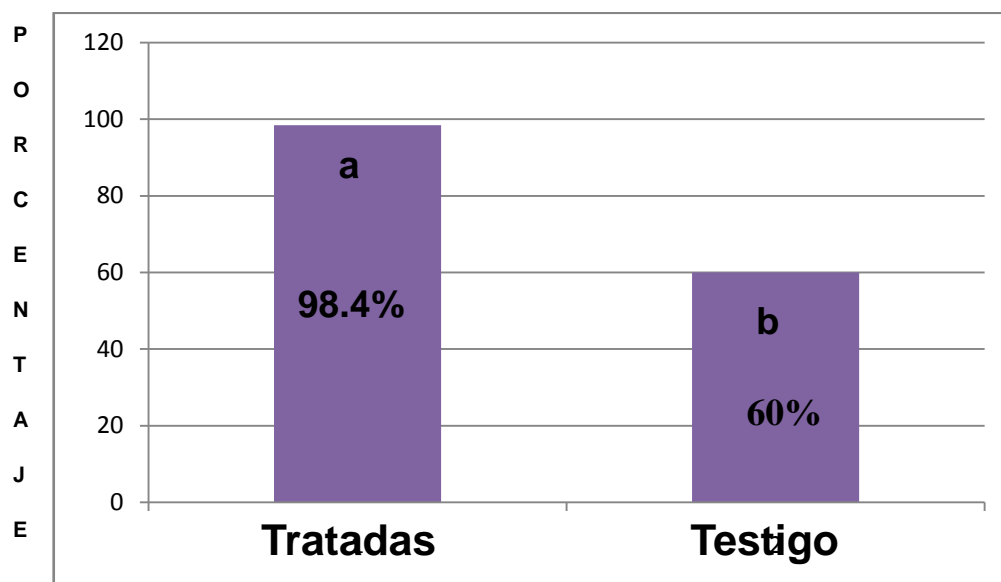
La deficiencia de Cu es la segunda carencia mineral después del fósforo, en tal sentido algunos investigadores reportan un retardo en la aparición de la pubertad y anestro prolongado porz (García y Cuesta, 2006). Además, el Zn, al igual que el Cu y el Se, participan en la reducción del estrés oxidativo a nivel ovárico.

El producto de suplementación de Cu y Zn que se aplicó por vía subcutánea en vaquillas Holstein dio como resultado una mejoría en la elevación de parámetros reproductivos así como días a primer servicio y días a primer celo. Los estudios de la suplementación subcutánea de Cu y Zn indican que hubo ganancias en el peso de los becerros y mejoramiento reproductivo, con respecto al control.



**Figura 1.** Efecto de la suplementación de cobre y zinc en vaquillas sobre el porcentaje de hembras detectadas a primer celo. Literales diferentes estadísticamente  $P < 0.05$ .

Puede observarse que el grupo suplementados de Cu y Zn tuvo un mejoramiento reproductivo estadísticamente significativo, observándose que se presentó su primer celo con un porcentaje de 80%, el grupo no suplementado estuvo en una baja condición corporal, con y la presentación de su primer celo fue de 65%, considerando que los dos grupos se seleccionaron de 12 a 13 meses de edad. Ocurre una reacción directa entre la actividad ovárica y la fertilidad sobre la condición corporal (Cuesta y García, 2011).



**Figura 2.** Efecto de la suplementación de cobre y zinc en vaquillas sobre el porcentaje de hembras inseminadas a primer servicio. Literales diferentes estadísticamente  $P < 0.05$

El porcentaje de hembras que fueron inseminadas a primer servicio fueron 98.4% y 60% para tratadas y testigo respectivamente ( $P = 0,001$ ). De igual manera la tasa de concepción a primer servicio fueron 98.4% y 60% para tratadas y testigo respectivamente ( $P, 0.05$ )

Los resultados obtenidos indican que las vaquillas tratadas con una sola dosis de suplemento mineral de Cu y Zn, presenta productividad y por lo tanto ventajas económicas, además de que las vaquillas suplementadas no presentaron retraso a la pubertad. Tomando en cuenta los varios aspectos del metabolismo y la deficiencia de Cu en los bovinos, es probable que la mayor necesidad se encuentre con mayor precisión sobre el sistema inmune, la función reproductiva y el crecimiento, los cuales pueden pasar desapercibidos ocasionando pérdidas productivas de importancia.

**Tabla 2.** Tasa de concepción a primer servicio en vaquillas Holstein tratadas a base de cobre y zinc.

Grupo	n I.A.	n I.A.	Preñadas
Tratadas	63	62	98% a
Testigo	45	27	60% b

**Literales diferentes entre columnas diferidas estadísticamente  $P < 0.05$ .**

## 7. Conclusiones

Después de los resultados obtenidos del proyecto de investigación se concluye que la suplementación de un preparado de Cu y Zn por vía subcutánea en vaquillas próximas a la incorporación a la reproducción, mejora significativamente el porcentaje a primer celo, porcentaje de vaquillas que se inseminan y la tasa de concepción. Por lo tanto el preparado de suplemento de Cu y Zn es recomendable aplicarlo en vaquillas Holstein.

## Agradecimientos especiales:

Se agradece al Laboratorio Biogénesis Bagó de México y al Dr. Rubén Novelo Barrera, el apoyo para el procesamiento de las muestras, que otorgaron a las personas que estuvieron realizando el estudio de suplemento mineral así como el apoyo a la Universidad por la realización de ésta investigación, además de su valiosa aportación con sus opiniones y comentarios.

## 8. Literatura citada

1. Ahola, J.K., Baker, D.S., Burns, P.D., Mortimer, R.G., Enns, R.M., Whittier, J.C., Geary, T.W. y Engle, T.E. (2004). Effect of copper, zinc, and manganese supplementation and source on reproduction, mineral status, and performance in grazing beef cattle over a two-year period. *J. Anim. Sci.* 82(8):2375-2383.
2. Alvarez, C.L. (2001). Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. Universidad de Antioquia, Colombia. pp 60-92.
3. Aoyagi, S., Baker, D.H. y Wedekind, A.J. (1993). Estimates of copper bioavailability from liver of different animal species and from feed ingredients derived from plants and animals. *Poult. Sci.* 72:1746 - 1755.
4. Aparicio, R., Torres, R., Astudillo, L., Córdova, L. y Carrasquel, J. (2007). Suplementación parenteral con cobre sobre el peso de becerros en crecimiento. *Zoot. Trop.* 25(3):221-224.
5. Bach, A. (2002). Reproducción del vacuno lechero: Nutrición y fisiología. XVII curso de especialización FEDNA; Agribands Purina. España.
6. Balbuena, O., McDowell, L.R. y Stahringer, R.C. (1999). Suplementación con cobre inyectable en terneros y vacas con hipocupremia. *Vet. Arg.* 16(4): 272-280.
7. Ballentine, H.T., Socha, M.T., Tomlinson, D.J., Johnson, A.B., Fielding, A.S., Shearer, J.K. y Amstel, V. (2002). Effects of feeding complexed Zinc, Manganese, Copper, and Cobalt to late gestation and lactating dairy cows on claw integrity, reproduction, and lactation performance. *Professional Animal Scientist.* 211-218.

8. Bendich, A. (1993): Physiological role of antioxidants in the immune system. *J. Dairy Sci.* 76:2789-2794.
9. Bolasell, D. (2005). Evaluación de distintas fuentes de cobre para rumiantes. *Med. Vet. Porfencs.* Sitio argentino.
10. Ceballos, A., Villa, N.A., Betancourth, T.E. y Roncancio, D.V. (2004). Determinación de la concentración de calcio, fósforo y magnesio en el periparto de vacas lecheras en Manizales, Colombia. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 17(2):125-133.
11. Church, D.C. y Pond, W.G. (1998). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Noruega-Limusa. Mexico. Pp 210.
12. Ciria, C.J., Villanueva, M.R. y Ciria, G.J. (2005). Avances en nutrición mineral en ganado bovino. Memorias IX Seminario de Pastos y Forrajes. UNET, Venezuela.
13. Corbellini, C. y Mangoni, A. (1997). Efectos de la suplementación con óxido de zinc o metionina-zinc en vacas lecheras marginalmente deficientes. *Rev.Med.Vet.* 78(6):439-447.
14. Cuesta, M. y García, J.R. (2011). Administración parenteral de un compuesto de cobre, zinc y manganeso en vacas lecheras.. Universidad central de las Villas, Santa Clara, Villa Clara; Cuba. *Rev.Electrónica de Veterinaria.* 12(2):1695-7504.
15. Fazzio, L.E.,Mattioli, G.A.,Picco, S.J.,Traveria, G.E., Costa, E.F. y Romero, J.R. (2004). Intoxicación aguda con cobre inyectable en bovinos. CEDIVE y CIGEBA.Facultad de Ciencias Veterinarias (UNLP).
16. García, J.R., Cuesta, M., García-López, R., Quiñones, R., Figueredo, J.M., Faure, R., Pedroso, R. y Mollineda, A. (2010). 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 de Cienc. Agr.* 44(3) 233-237.

17. 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 post-parto y terneros. *Rev. MVZ Córdoba.* 12:985.

18. García, J.R. y M. Cuesta. (2006). Efectos del cobre sobre la reproducción en novillas lecheras de cuba. Universidad Central de las Villas. San José de las Lajas. La Habana, Cuba. *Rev. MVZ.Córdoba.* 11(2):790-798.

19. Gerloff, B. (1992): Effect of selenium supplementation on dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 70:3934-3940.

20. Herdt, T.H. y Hoff, B. (2011). The use of blood analysis to evaluate trace mineral status in ruminant livestock. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 27(2):255-283.

21. Kegley, E.B. y Spears, J.W. (1994). Bioavailability of feed-grade copper sources (oxide, sulfate or lysine) in growing cattle. *J. Anim. Science.* 2728-2734.

22. Kincaid, R.L., Blauwiel, R.M. y Cronrath, J.D. (1986). Supplementation of copper as copper sulfate or copper proteinate for growing calves fed forages containing molybdenum. *J. Dairy Science.* 69:160-163.

23. Mills, C.F. (1987). Biochemical and Physiological indicators of mineral status in animals: copper, cobalt and zinc. *J. Anim. Sci.* 65:1702.

24. Muehlenbein E.L, Brink, D.R, Deutscher, G.H., Carlson, M.P. y Johnson, A.B. (2001). Effects of inorganic and organic copper supplemented to first-

calf cows on cow reproduction and calf health and performance. *J.Anim.Sci.* 1650-1659.

25. Mulligan, F.J., Grady, L.O., Rice, D.A., Doherty, M.L. (2006). A herd health approach to dairy cow nutrition and production disease of transition cow. *Anim. Reprod. Sci.* 96:331.

26. Pedroso, R. (2002). Conferencia sobre reproducción de la hembra bovina. XVIII PANVET. La Habana, Cuba.

27. Rosa, D. y Fazzio, L. (2008). Metabolismo y deficiencia del zinc en bovinos. Laboratorio de nutrición mineral y fisiología reproductiva. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata.

28. Rosa, D., y Mattioli, G. (2009). Metabolismo y deficiencia de cobre en los bovinos. Centro de Diagnóstico e Investigaciones Veterinarias. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata.

29. Schlegel, P. y Windisch, W. (2006). Bioavailability of zinc glycinate in comparison with zinc sulphate in the presence of dietary phytate in an animal model with Zn labelled rats. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl).* 90(5-6):216-222.

30. Suttle, N.F. (1980). The role of thiomolybdates in the nutritional interactions of copper, molybdenum and sulfur: fact or fantasy. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 355:195–207.

31. Suttle, N.F. (2010). Copper. In *Mineral nutrition of livestock*. 4th ed. Wallingford, UK: CABI International. p. 255–305.

32. Underwood, E.J. y Suttle, N.F. (2001). *The Mineral Nutrition of Livestock*, 3 ed. CABI. Publishing. Wallingford, UK. 283-342.

33. Underwood, E.J. (1977). Trace elements in human and animal nutrition. 4<sup>th</sup>ed. New York: academic press.
34. Underwood, E.J. (1983). Los minerales en la nutrición del ganado. 2<sup>a</sup> ed. Zaragoza, España: Acribia.
35. Ward, J.D. y Spears, J.W. (1993). Comparison of copper lysine and copper sulfate as copper sources for ruminants using in vitro methods. *J. Dairy Science*. 76:2994-2998.
36. Ward, J.D.y Spears, J.W. (1996). Bioavailability of copper proteinate and copper carbonate relative to copper sulfate in cattle. *J. Dairy Science*. 79:127-132.