



Biotecnia

E-ISSN: 1665-1456

biotecnia@ciencias.uson.mx

Universidad de Sonora

México

Pinelli-Saavedra, Araceli; Quihui-Cota, Luis; Martínez-Borraz, Alfonso; Moya-Camarena, Silvia Yolanda; Esquerra-Brauer, Rebeca

NIVELES SÉRICOS DE VITAMINA E, VITAMINA A Y HIERRO EN CERDOS
DESTETADOS DE GRANJAS PORCÍCOLAS DEL MUNICIPIO DE HERMOSILLO:
ESTUDIO PILOTO

Biotecnia, vol. 15, núm. 2, 2013, pp. 15-20
Universidad de Sonora

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971123003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

NIVELES SÉRICOS DE VITAMINA E, VITAMINA A Y HIERRO EN CERDOS DESTETADOS DE GRANJAS PORCÍCOLAS DEL MUNICIPIO DE HERMOSILLO: ESTUDIO PILOTO

SERUM LEVELS OF VITAMIN E, VITAMIN A AND IRON STATUS IN WEANED PIGS, OF PIG FARMS IN THE MUNICIPALITY OF HERMOSILLO: PILOT STUDY

Araceli Pinelli-Saavedra^{1*}, Luis Quihui-Cota², Alfonso Martínez-Borraz², Silvia Yolanda Moya-Camarena¹ y Rebeca Esquerro-Brauer¹

¹Departamento de Nutrición y Metabolismo. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Carretera a la Victoria, Km 0.6, AP. 1735, CP.83304. Hermosillo, Sonora México | ²Departamento de Nutrición y Salud Pública. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Carretera a la Victoria, Km 0.6, AP. 1735, CP.83304. Hermosillo, Sonora México

RESUMEN

Se determinaron los niveles séricos de vitamina A, E y hierro en cerdos de granjas porcícolas del Municipio de Hermosillo, Sonora, México, ya que actualmente se carece de información de estos micronutrientes en esta región. Se muestrearon 4 granjas, en donde se tomaron muestras de sangre en base al 5 % la población total de cerdos en etapa de destete (21 ± 5 días de edad). Las vitaminas A y E se determinaron por HPLC. El hierro sérico y la capacidad total de fijación de hierro se determinaron por espectrofotometría. Las concentraciones de vitamina E mostraron variación entre granjas. Los cerdos de las granjas 1 ($3,4 \mu\text{g/mL}$) y 2 ($3,2 \mu\text{g/mL}$) mostraron valores más altos de vitamina E ($p < 0,001$) respecto a las granjas 3 ($2,6 \mu\text{g/mL}$) y 4 ($1,6 \mu\text{g/mL}$). Para la vitamina A y hierro no se encontraron diferencias entre granjas. En la granja 3 se evaluaron estas vitaminas y hierro en los días 1, 11, 18 y 25 posdestete y se encontró una disminución en la vitamina E en la primera semana, mientras que los niveles de vitamina A y hierro aumentaron. En este estudio, no se encontraron deficiencias de las vitaminas A y E, ni en hierro en cerdos.

Palabras claves: Vitamina A, vitamina E, hierro, niveles séricos, cerdos destetados

ABSTRACT

The serum levels of vitamin A, E and iron were evaluated in pig farms in the municipality of Hermosillo, Sonora Mexico, because the lack of information regarding these micronutrients in this region. Four farms were sampled in the Municipality of Hermosillo, and blood samples were taken at 5% based on the total population of pig on the weaning stage (21 ± 5 days post-weaning) population of each farm. Serum vitamin A and vitamin E were determined by HPLC. Serum iron and total capacity of iron binding (TIBC) were determined by spectrophotometry. The concentrations of vitamin E showed a variation among farms, farms 1 and 2 with the highest values of vitamin E ($p < 0,001$) compared to farms 3 and 4, but all of them were within the range considered normal. Regarding to vitamin A and iron, no differences were found among farms. In the farm 3 these vitamins and iron were evaluated on days 1, 11, 18 and 25 after weaning. A

decrease of vitamin E was found in the first week, meanwhile vitamin A and iron showed increased levels. The results indicated that the studied farms had no deficiencies of vitamin A and vitamin E nor in iron.

Keywords: Vitamin A, vitamin E, iron, serum levels, weaned pigs

INTRODUCCIÓN

En la producción del cerdo, una de las etapas que requiere de mayor atención es la del destete, ya que el lechón sufre cambios al pasar de su alimentación líquida (calostro y leche) a alimento sólido, lo cual puede resultar en baja ingesta y crecimiento pobre al destete. El lechón tiene la capacidad de digerir muy bien componentes de la leche como son: la grasa, proteína y lactosa. Además, a través de la leche y calostro recibe las vitaminas e inmunoglobulinas que le permitirán continuar con su crecimiento (Hayek *et al.*, 1989; Burrin D.G., 2001; Pinelli-Saavedra y Scaife, 2005). Sin embargo, al momento de destete ocurre estrés por separación de la madre, y que puede aumentarse o prolongarse por factores externos como: temperatura del ambiente, cambio de alimentación e infecciones. Esto provoca que los cerdos en las primeras semanas del destete presenten concentraciones de selenio y alfa tocoferol disminuidas, ocasionando deficiencias. La insuficiencia de estos micro nutrientes pueden ocurrir a pesar de que las vitaminas A y E son adicionadas de manera rutinaria en las dietas comerciales para la etapa de destete, de acuerdo a los valores diarios recomendados por Nutrient Requirements of Swine (National Research Council, 1998). También, altas concentraciones de vitamina A en las dietas pueden exacerbar o agudizar deficiencias de vitamina E y selenio en cerdos destetados (Blakely *et al.*, 1991; Drott *et al.*, 1993; Ching *et al.*, 2002). Además, la fuente de vitamina E adicionada a la dieta (natural o sintética) puede ser un factor que afecta su absorción (Chung *et al.*, 1992).

Por otro lado, el hierro tiene importantes funciones en el cuerpo como componente de la hemoglobina y en numerosas proteínas que lo contienen. La deficiencia de hierro se asocia a las enfermedades infecciosas, debido a que el hierro forma parte de algunas enzimas de las células del sistema inmune (Beard *et al.*, 1996). En lechones la deficiencia de hierro

*Autor para correspondencia: Araceli Pinelli-Saavedra
Correo electrónico: pinelli@ciad.mx

Recibido: 17 de septiembre de 2012

Aceptado: 21 de noviembre de 2012

es uno de los mayores problemas, ya que la reserva de hierro al nacer es muy pequeña (Ekman y Iwanska, 1966), además la leche de la madre contiene cantidades insuficientes de hierro que no satisface las necesidades de los lechones en la primera semana (Kirchgessner *et al.*, 1982). De ahí que, como rutina en las granjas, los lechones en los primeros tres días de nacidos son suplementados con hierro, vía parenteral con un complejo de hierro orgánico conocido como hierro-dextran. Al destete, el hierro es adicionado en la dieta como sulfato ferroso ya que su biodisponibilidad es baja en la mayoría de las fuentes naturales de alimento (Burrin, 2001; McGlone y Pond, 2003). Se sabe que el hierro interactúa con otros componentes dietarios (Lynch, 1997), entre éstos las vitaminas E y C en las que actúa como un generador de radicales libres (Tollerz y Lannek, 1964; Hebert *et al.*, 1996; Berger *et al.*, 1997). Además, se ha reportado que el nivel de tolerancia para el hierro disminuye en los cerdos que son deficientes en vitamina E y selenio, provocando toxicidad y muerte en lechones lactantes inyectados con la dosis estándar de hierro para la prevención de anemia (McGlone y Pond, 2003; Ness *et al.*, 2010). El estudio, de la interacción del hierro con la vitamina A ha provocado gran interés porque las deficiencias de ambos nutrimentos son de las más prevalentes en los cerdos.

Por lo tanto, debido a la carencia de información del contenido de estos nutrimentos (vitamina A, E y hierro) en las dietas de cerdos de esta región, en el presente estudio piloto, se evaluaron los niveles séricos de vitamina A, E y hierro en cerdos destetados de granjas porcícolas del Municipio de Hermosillo. Este estudio, permitirá conocer el estado nutricional de estos micronutrimentos en cerdos de granjas semitecnificadas del municipio de Hermosillo.

METODOLOGÍA

Diseño Experimental

El estudio piloto se llevó a cabo en 4 granjas porcinas semitecnificadas de la ciudad de Hermosillo, Sonora y los análisis de vitamina E, A y hierro se realizaron en los laboratorios del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD A.C.). Se utilizó un diseño completamente al azar y el muestreo de animales fue seleccionado en base al 5% de la población total de cerdos en etapa de destete (21 ± 5 días de edad) de cada granja. Los cerdos fueron alimentados cumpliendo con los requerimientos de recomendados por Nutrient Requirements of Swine (National Research Council, 1998) y particularmente para la vitamina E de 11 UI/kg de alimento; vitamina A de 175 UI/kg de alimento y hierro, (sulfato ferroso) 80 mg/kg de alimento.

Muestra

Las muestras de sangre (10 mL) se extrajeron de la vena yugular de los animales (21 ± 5 días de edad), usando un sistema vacutainer. Se almacenaron y transportaron en frío a los laboratorios de CIAD. La sangre obtenida se centrifugó a 1200 rpm en una centrífuga Beckman modelo GS-15R utilizando un rotor S4180 por 20 minutos para la extracción

del suero y éstos se almacenaron a -70°C para el análisis posterior de las vitaminas A, vitamina E y hierro.

Extracción de Vitamina E y Vitamina A

Los niveles séricos de vitamina E (α -tocoferol) y vitamina A (retinol) se determinaron de acuerdo a la descripción de Hess *et al.* (1991). En un tubo eppendorf se colocaron 200 μL de suero y 500 μL de etanol. Después se les adicionó 700 μL de hexano; se centrifugaron a 14,000 rpm en una centrífuga Beckman modelo GS-15R utilizando un rotor F2402 durante 5 minutos a 4°C . Las muestras fueron resuspendidas con 400 μL de etanol. Se inyectaron en un equipo de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para su cuantificación. Junto con las muestras se inyectó un estándar de α -tocoferol (Sigma T-4389) y retinol (Sigma T-95144) de concentración conocida (2 $\mu\text{g/mL}$). Cada muestra y estándar se inyectaron por triplicado. Los resultados de las muestras y estándares se analizaron con un software para cromatografía Star 4.2 de Varian.

Condiciones de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)

Para el análisis de las muestras por HPLC se empleó una bomba de solventes Varian Pro-Star isocrática modelo 220, un detector UV-Visible de longitud de onda variable Varian 9050. La longitud de onda para α -tocoferol fue de 290 nm y para retinol de 325 nm. La fase estacionaria fue una columna con C-18. La fase móvil fue metanol grado HPLC y agua HPLC (98:2).

Análisis de Vitamina A

La vitamina A se analizó como retinol sérico, simultáneamente con la vitamina E. Los detalles de extracción y cuantificación cromatográficas están descritos en la sección de análisis de vitamina E.

Hierro Sérico y Capacidad Total de Fijación de Hierro (TIBC)

El hierro sérico y la capacidad total de fijación de hierro (TIBC) se determinaron por espectrofotometría, siguiendo la técnica recomendada por Fisher y Price (1964). En un tubo se colocaron 0,5 mL de suero y 0,5 mL de agua desionizada (por duplicado), un tubo para determinación de hierro (Fe) sérico y otro para la determinación de capacidad total de fijación de hierro (TIBC).

A los tubos de TIBC se les adicionó 1 mL de Fe electrolítico y se dejaron reposar por 10 minutos a temperatura ambiente. Los iones de Fe en exceso que no se absorbieron, se removieron adicionando 160 mg de carbonato de magnesio, agitándolos vigorosamente por 30 segundos cada 10 minutos hasta completar 30 minutos. Después, los tubos se centrifugaron a 2900 rpm en una centrífuga Beckman modelo GS-15R utilizando un rotor S4180 por 30 minutos. Posteriormente se separó 1 mL del sobrenadante.

A los tubos de etiquetados para la determinación de Fe, sobrenadante de TIBC, blanco (1 mL de agua desionizada) y estándar (concentraciones conocidas de Fe, 0,5 y 3 µg/dL utilizados como control de calidad), se les agregó 0,5 mL de ácido clorhídrico 1 N para desprender el Fe de la transferrina. La proteína se precipitó añadiendo 0,5 mL de ácido tricloroacético agitando vigorosamente por 45 segundos y después se centrifugaron a 2900 rpm en una centrifuga Beckman modelo GS-15R utilizando un rotor S4180, durante 30 minutos. El sobrenadante (1 mL) se transfirió a un tubo y se le agregó 0,4 mL de una solución cromógena con una relación de 2:1:1 de acetato de amonio:hidroxilamoniocloruro:tripiridin-5-triacina. El color desarrollado se midió en un espectrofotómetro (Genesis 10 UV, Termo Spectronic, USA) a una longitud de onda de 450 nm. Las concentraciones de hierro fueron determinadas usando una curva estándar a partir de soluciones con las concentraciones de 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 y 3,0 de hierro mg/dL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra los valores séricos de vitamina E, de los 103 lechones analizados por triplicado de las cuatro granjas muestreadas en el municipio de Hermosillo. Se encontraron valores promedio que rebasaron los 3 µg/mL de vitamina E en las granjas 1 y 2, mientras que en las granjas 3 y 4 se encontraron valores promedio de 2,6 y 1,6 µg/mL respectivamente. Es importante señalar que actualmente no hay tablas con valores normales en suero de vitamina E en cerdos, por lo que se hacen comparaciones de nuestros resultados con datos publicados por otros autores. Sin embargo a pesar de las diferencias entre granjas, los valores encontrados están dentro de los reportados como normales para vitamina E por Lauridsen y Jensen (2005), quienes publicaron valores de 1,7 µg/mL para cerdos de 35 días de edad. Además, estos autores reportaron que Van Vlee (1980) y Jensen *et al.* (1988) consideraron que el rango límite de la concentración sérica

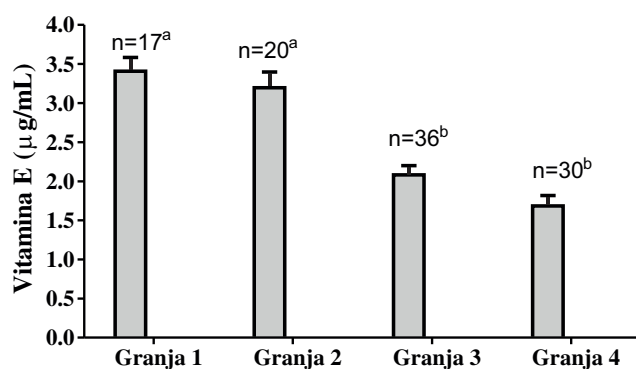


Figura 1. Concentraciones de vitamina E en suero de lechones muestreados en cuatro granjas del Municipio de Hermosillo (n=103). Letras diferentes indican diferencias significativas entre granjas ($p < 0,001$).

Figure 1. Vitamin E concentrations in piglets from four farms of Municipality of Hermosillo (n =103). Different letters indicate significant differences among farms ($p < 0,001$)

del α -tocoferol es de 0,4-1,0 µg/mL. Siverstein *et al.* (2007) publicaron valores de 2,6-1,7 µg/mL de vitamina E para lechones de 1 a 18 días de edad respectivamente. Pinelli-Saavedra *et al.* (2008), reportaron concentraciones de vitamina E en plasma de 3,1 µg/mL en cerdos destetados a los 21 días provenientes de madres sin suplementar vitamina E, mientras que los lechones nacidos de madres suplementadas con 500 mg/kg de alimento semanas previas al parto y durante la lactancia, la concentración sérica media de vitamina E fue de 6,2 µg/mL. Esto indica que los valores de los lechones de las cerdas sin suplemento tienen valores similares a los valores obtenidos de los lechones de las granjas 1 y 2.

La Figura 2 muestra los valores séricos de la vitamina A de los 103 lechones (21 \pm 5 días de edad) que se analizaron por triplicado en las 4 granjas del municipio de Hermosillo. Se encontraron valores dentro del rango de 0,12-0,20 µg/mL y que no fueron significativamente diferentes ($p > 0,05$) entre las granjas estudiadas. Los valores para vitamina A encontrados en los lechones de las diferentes granjas se pueden considerar dentro de los rangos normales comparados con los resultados obtenidos por Schweigert *et al.* (2000) y Pinelli-Saavedra (2001), quienes reportaron valores para vitamina A en el rango de 0,20-0,23 µg/mL en cerdos con 24 días de edad. Es importante señalar que no hay tablas con valores normales de vitamina A (retinol sérico) a esta edad del cerdo.

Las concentraciones de hierro se muestran en la Figura 3. Se observó que en las granjas 3 y 4 se obtuvieron valores ligeramente más altos que en las granjas 1 y 2, sin ser diferentes ($p > 0,05$). Los valores de hierro en los sueros de los lechones se encontraron dentro de los rangos considerados normales (100-160 µg/dL) para cerdos de 5 a 14 semanas de edad, como lo publicaron Mersman y Pond (2001).

En la Figura 4 se muestran el comportamiento de las concentraciones séricas de la vitamina E, vitamina A y hierro en los días 1, 11, 18 y 25 posdestete con la finalidad de detectar alguna variación en sus concentraciones. Esta

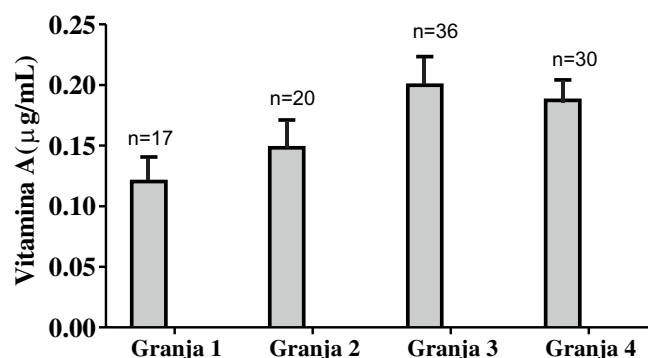


Figura 2. Concentraciones de vitamina A en suero de lechones muestreados en cuatro granjas del Municipio de Hermosillo (n=103). No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las granjas.

Figure 2. Concentrations of vitamin A in piglets sampled in four farms of the Municipality of Hermosillo (n= 103). There were no significant differences ($p > 0,05$) among farms.

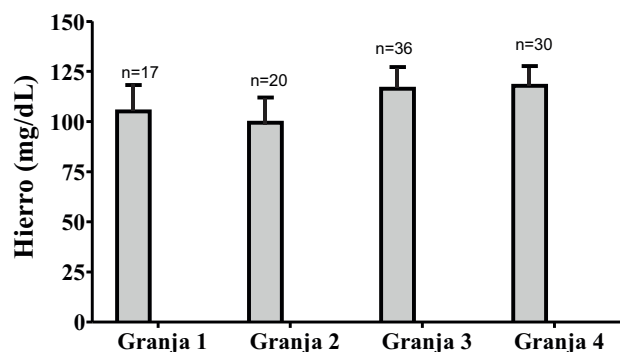


Figura 3. Concentraciones de hierro en suero de lechones muestreados en cuatro granjas del Municipio de Hermosillo ($n=103$). No hubo diferencias significativas ($p>0,05$) entre las granjas.

Figure 3. Iron concentrations in piglets serum, sampled in four farms of the Municipality of Hermosillo ($n= 103$). There were no significant differences ($p>0,05$) among farms.

determinación se realizó solamente en la granja 3. En la Figura 4A se muestra la concentración de vitamina E sérica que mostró una disminución significativa ($p<0,05$) en el día 11 del destete para recuperarse en los días 18 y 25 posteriores. Un comportamiento similar fue reportado Mahan y Moxon (1980), Meyer *et al.* (1981) y Ching *et al.* (2002), en el que la vitamina E (tocoferol) en suero disminuyó en la primera semana de destete hasta llegar a niveles considerados como deficiencia. Sin embargo, a diferencia de nuestros resultados estos autores reportaron que no hubo diferencias en la concentración de α tocoferol durante las siguientes semanas de destete, aun cuando la vitamina E fue suplementada en la dieta.

En relación a los valores séricos de vitamina A, se encontró que en el día 11 aumentó significativamente ($p<0,05$) respecto a los días 1, 18 y 25, posteriores al destete las concentraciones de vitamina A disminuyen, al tiempo que la vitamina E se empieza a recuperar, como lo muestra la Figura 4B. Este comportamiento también fue reportado por Mahan y Moxon (1980) y Ching *et al.* (2002), en el cual en las primeras semanas de destete se observó una disminución en las concentraciones de vitamina E y un aumento en la concentración de vitamina A. Esta respuesta es debida a que los cerdos destetados poseen una cantidad inadecuada de sales biliares, que inhiben la absorción de α -tocoferol (Bieri y Tolliver, 1982). Además, Lauridsen *et al.* (2001) mostraron que la hidrólisis *in vitro* del tocoferil acetato es también inhibida por el acetato de retinol. Estos resultados sugieren que la hidrólisis de éster en los compuestos acetilados de la vitamina E puede ser baja durante el periodo inmediato al destete y que la vitamina A pudiera obstaculizar la absorción de la vitamina E.

Para los valores de hierro sérico, se observó un comportamiento similar al de la vitamina A, es decir, ocurre un aumento sin ser éste significativo ($p>0,05$) en el día 11 post-destete (Figura 4C). Es importante señalar que aunque se obtienen valores diferentes no alcanzan significancia estadística,

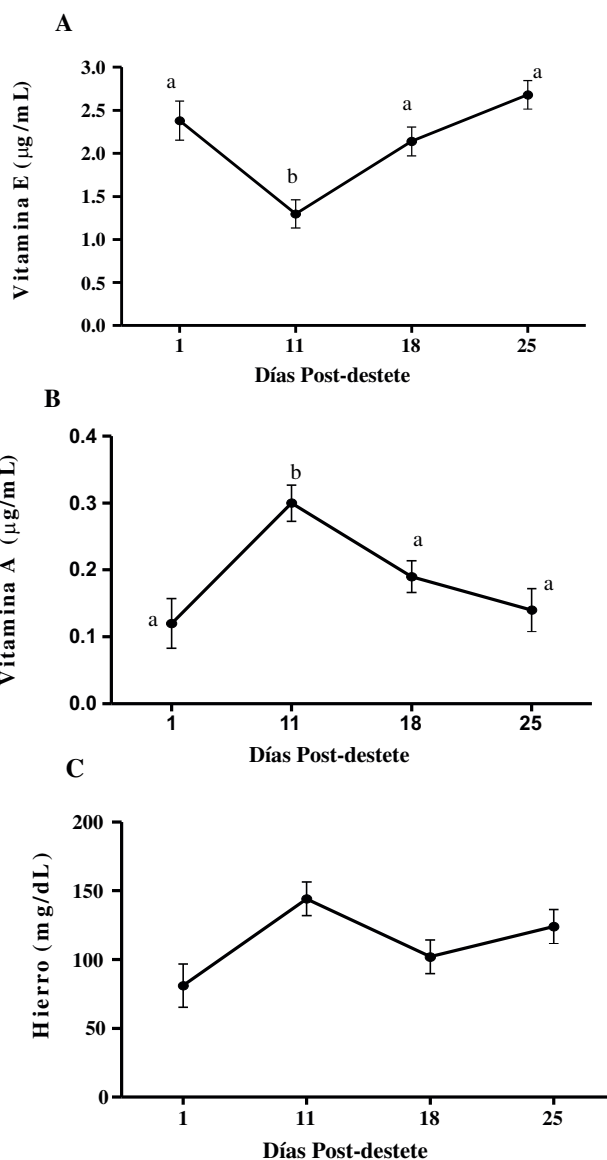


Figura 4. Niveles de vitamina E (A) vitamina A (B) y Hierro (C) en diferentes días pos-destete. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$) entre los días pos-destete. Este análisis se realizó solamente en la granja 3.

Figure 4. Levels of vitamin E (A) vitamin A (B) and iron (C) on different days post-weaning. Different letters indicate significant differences ($p<0,05$) among post-weaning days. This analysis was performed only in farm 3.

debido a la variación entre animales; sin embargo, estos valores se encontraron dentro de los rangos normales para hierro, como los reporta Burrin (2001). El comportamiento que se observó en la granja muestreada en las diferentes días post destete fue similar a la que reportaron Loudenslager *et al.* (1986), donde se demuestra la relación que existe entre las concentraciones de hierro y las vitaminas A y E cuando al disminuir la concentración de vitamina E en las primeras semanas de post destete aumentan las concentraciones de

vitamina A y hierro, esto es debido a que el hierro siempre es suplementado para evitar anemias en cerdos destetados.

Conclusiones

En el presente estudio piloto realizado en Hermosillo, Sonora, México se encontró que aunque los valores séricos de las vitaminas A, E y hierro de lechones destetados variaban entre granjas, éstos se encontraron dentro de los valores normales basados en otros trabajos publicados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las granjas participantes en este estudio y al PLAZ. Jesús Zorrilla M. por su apoyo técnico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beard, J.L., Dawson, H., Pinero, D.J. 1996. Iron metabolism a comprehensive review. *Nutrition Reviews*. 54: 295-317.
- Berger, T.M., Polidori, M.C., Dabbagh, A., Evans, P.J., Halliwell, B., Morrow, J.D., Roberts, II, L.J., Frei, B. 1997. Antioxidant activity of vitamin C in iron-overloaded human plasma. *The Journal of Biology Chemistry*. 272:15656-15660.
- Bieri, J.G., y Tolliver, T.J. 1982. Reversal by bile acid on the inhibition of alpha-tocopherol absorption by retinoic acid. *Journal of Nutrition*. 112: 401-403.
- Blakely, S.R., Mitchell, G.V., Jenkins, M.Y., Grundel, E. y Whittaker, P. 1991. Canthaxanthin and excess vitamin A alter α -tocopherol, carotenoid and iron status in adult rats. *Journal of Nutrition*. 121:1649-1655.
- Burrin, D.G. 2001. Nutrient requirements and metabolism. *En: Biology of the Domestic Pig* (ed.), pp 309-389. Pond, W.G. y Mersman, H.J. Cornell University Press, Ithaca.
- Ching, S., Mahan, D.C., Wiseman, T.G., Fastinger, N.D. 2002. Evaluating the antioxidant status of weanling pigs fed dietary vitamins A and E^{1,2,3}. *Journal of Animal Science*. 80: 2396-240.
- Chung, Y.K., Mahan, D.C., y Lepine, J. 1992. Efficacy of dietary D- α -tocopherol and DL- α -tocopheryl acetate for weanling pigs. *Journal of Animal Science*. 70: 2485-2492.
- Drott, P., Muerling, S. y Medhin, M.G. 1993. Interactions of vitamin A and E and retinol-binding protein in healthy Swedish children-evidence of thresholds of essentiality and toxicity. *Scandinavian Journal Clinical and Laboratories of Investigation*. 53:275-280.
- Ekman, L., Jwanska, S.T. 1966. Studies on iron metabolism in normal and anemic pigs. *Zentralblatt Veterinärmed A*. 13: 585-595.
- Fisher, G.B., Price, D.C. 1964. A simple serum iron method using the new sensitive chromogen tripyridyl-s-triazine. *Clinical Chemistry*. 10:21-30.
- Hayek, M.G., Mitchell, G.E., Harmon, R.G. Stahly, T.S. Jr., Cromwell, J.R., Tucker, R.E. y Baker, K.B. 1989. Porcine immunoglobulin transfer after prepartum treatment with selenium or vitamin E. *Journal of Animal Science*. 67:1299-1306.
- Hebert, D.N., Foellmer, B. y Helenius, A. 1996. Calnexin and calreticulin promote folding, delay oligomerization, and suppress degradation of influenza hemagglutinin in microsomes. *EMBO Journal*. 15: 2961-2968.
- Hess, D.K., Keller, H.E., Oberlin, B., Bonfant, R., Scheup, W., 1991. Simultaneous determination of retinol, tocopherols, carotenes and lycopenes in plants by means of High Performance Liquid Chromatography on reversed Phase. *International Journal of Vitaminology and Nutrition Research*. 61: 232-238.
- Jensen, M.C., Fossum, M., Ederroth, y Hakkarainen, R.V.J. 1988. The effect of vitamin E in the cell-mediated immune response in pigs. *Journal of Veterinary Medicine B*. 35:549-555.
- Kirchgessner, M. y Roth, F.X. 1982. Fumaric acid as a feed additive in pig nutrition. *Pigs News Information*. 3:259.
- Lauridsen, C., Hedemann, M.S., Jensen, S.K. 2001. Hydrolysis of tocopheryl and retinyl esters by porcine carboxyl ester hydrolase is affected by their carboxylate moiety and bile acids. *Journal of Nutrition and Biochemistry*. 12: 219-224.
- Lauridsen, C., y Jensen, S.K. 2005. Influence of supplementation of all-rac-tocopheryl acetate preweaning and vitamin C postweaning on α -tocopherol and immune response of piglets. *Journal of Animal of Science*. 83:1274-1286.
- Loudenslager, M.F., Ku, P.K., Whitter, P.A., Ullrey, D.E., Whitchair, C.K., Stowe, H.D., Miller, E.R., 1986. Importance of diet of dam and colostrum to the biological antioxidant status and parenteral iron tolerance of the pig. *Journal of Animal Science*. 63:1905-1914.
- Lynch, P.B. 1997. Effect of environmental temperature on lactating sows and their litters. *Irish Journal of Agriculture research*. 16:123-130.
- Mahan, D.C., y Moxon, A.L. 1980. Effects of dietary selenium and injectable vitamin E selenium for weanling swine. *Nutrition Report International*. 21:829-836.
- McGlone, J., y Pond, W. 2003. Nutrients. *En Nutrition and life-cycle feeding*. McGlone J. y Pond, W. *En Pig Production Biological Principles and Applications 1st* (ed), pp 134. Thomson Delmar Learning. New, York.
- Mersman, H.J. y Pond, W.G. 2001. Hematology and blood serum constituents. *En Biology of Domestic Pig*. (ed.), pp 566-567. Pond, W.G. y Mersmann, H.J. Cornell University Press, Ithaca.
- Meyer, M.C., Mahan, D.C., Moxon, A.L. 1981. Value of dietary selenium and vitamin E for weanling swine as measured by performance and tissue selenium and glutathione peroxidase activities. *Journal of Animal Science*. 52 (1): pp 302-311.
- Ness, A., DVM, Eagle, M., DVM, M.S., Thompson, B., DVM, M.S. 2010. Iron toxicity in piglets. *American Association*

- of Swine Veterinarians. Annual Meeting Implementing Knowledge pp 234-235.
- National Research Council. 1998. 10th ed. Nutrient Requirement of Swine. National Academic Press. Washington D.C.
- Pinelli-Saavedra, A., Calderón de la Barca, A.M., Hernández, J., Valenzuela, R., Scaife, J.R. 2008. Effect of supplementing sows feed with α -tocopherol acetate and vitamin C on transfer of α -tocopherol to piglet tissues, colostrum, and milk. *En Aspects of immune status of piglets. Research in Veterinary Science.* 83:92-100.
- Pinelli-Saavedra, A. y Scaife, J.R. 2005. Pre- and postnatal transfer of vitamins E and C to piglets in sows supplemented with vitamin E and vitamin C. *Livestock Production Science.* 97:231-240.
- Pinelli-Saavedra, A. 2001. Vitamin E and C supplementation of sows in a hot environment. Effect on reproductive performance, piglet tissue and aspects of immune status. PhD. Tesis University of Aberdeen UK.
- Schweigert, F.J., Gürtler, H., Baumann, A., Wahren, M., Leo, M. 2000. Effect of iron supplementation on plasma levels of vitamins A, E and C in piglets. *Livestock Production Science.* 63:297-302.
- Siverstein, T., Vie, E., Bernhoft, A., Baustad, B. 2007. Vitamin E and selenium plasma concentration in weanling pigs under field conditions in Norwegian pigs herds. *Acta Veterinaria Scandinavica.* 49 (1):1-9.
- Tollerz, G., Lannek, N. 1964. Protection against iron toxicity in vitamin E deficient piglets and mice by vitamin E and synthetic antioxidant. *Nature* 201: 846-847.
- Van Vleet, J.F. 1980. Current knowledge of selenium Vitamin E deficiency in domestic animals. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 176:321-325.