

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Elaboración de un manual de niveles de inclusión de vitaminas y minerales para utilizar en dietas para cerdos y aves en la empresa Faryvet S.A

María José Villalobos Ruiz

Proyecto de graduación para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2019

Hoja de aprobación

Este proyecto de graduación fue aceptado por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

Ph. D. Catalina Salas Durán

Directora del Proyecto
Subdirectora de Escuela

M.Sc. Sebastián Dorado Montenegro

Miembro del tribunal

Ph. D. Sergio Salazar Villanea

Miembro del tribunal

M.Sc. Yrina Colina Moreno

Miembro del tribunal

Lic. Carlos Campos Granados

Miembro del tribunal

María José Villalobos Ruiz

Sustentante

Dedicatoria

A mi familia, novio y amigos por su apoyo, consejo, ánimo y esfuerzo.

Agradecimientos

A mi familia por su esfuerzo y consejo durante mis años de carrera.

A José Daniel por su apoyo y motivación para seguir luchando por mis metas.

A todos los profesores y funcionarios de la Escuela de Zootecnia que han sido parte de mi formación educativa y personal.

A los miembros del tribunal examinador Sebastián Dorado, Sergio Salazar y Carlos Arroyo.

A la ingeniera agrónoma Yrina Colina por su paciencia, esfuerzo y cariño en cada paso del proyecto.

A la directora del proyecto Catalina Salas no sólo por su comprensión y perseverancia a lo largo del proyecto, sino por el apoyo académico y personal en mis años de carrera.

A la empresa y todo el personal de Faryvet S.A. por su colaboración y gentileza que me permitió realizar el proyecto. A los ingenieros agrónomos Lorena Acuña y Óscar Cambronero por darme la oportunidad de realizar este trabajo. A los médicos veterinarios Ricardo Bonilla y Emily Jiménez, a Yuliana Silva y Ross Elizondo por su disposición y amabilidad.

ÍNDICE

| Contenido | Página |
|---|--------|
| Portada..... | i |
| Hoja de aprobación..... | ii |
| Dedicatoria | iii |
| Agradecimientos..... | iv |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | viii |
| RESUMEN..... | x |
| INTRODUCCION..... | 1 |
| OBJETIVOS | 3 |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL | 3 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 3 |
| CAPITULO I. REVISION BIBLIOGRAFICA..... | 4 |
| 1.1 VITAMINAS..... | 4 |
| 1.2 MINERALES..... | 6 |
| 1.3 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES | 8 |
| 1.4 AVES REPRODUCTORAS..... | 9 |
| 1.5 PONEDORAS COMERCIALES | 12 |
| 1.6 POLLOS DE ENGORDE..... | 14 |

| | | |
|--|--|----|
| 1.7 | CERDOS | 17 |
| 1.8 | NIVELES DE VITAMINAS Y MINERALES UTILIZADOS COMERCIALMENTE | 21 |
| CAPITULO II. METODOLOGIA | | 24 |
| CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSION | | 26 |
| 3.1 | REPRODUCTORAS..... | 26 |
| 3.1.1 | <i>Vitaminas liposolubles en reproductoras pesadas.....</i> | 27 |
| 3.1.2 | <i>Vitaminas hidrosolubles en reproductoras pesadas</i> | 30 |
| 3.1.3 | <i>Microminerales en reproductoras pesadas.....</i> | 33 |
| 3.1.4 | <i>Vitaminas liposolubles en reproductoras livianas.....</i> | 34 |
| 3.1.5 | <i>Vitaminas hidrosolubles en reproductoras livianas</i> | 35 |
| 3.1.6 | <i>Microminerales en reproductoras livianas.....</i> | 37 |
| 3.2 | PONEDORA COMERCIAL | 38 |
| 3.2.1 | <i>Vitaminas liposolubles en ponedoras comerciales</i> | 38 |
| 3.2.2 | <i>Vitaminas hidrosolubles en ponedoras comerciales</i> | 40 |
| 3.2.3 | <i>Microminerales en ponedoras comerciales</i> | 41 |
| 3.2.4 | <i>Recomendaciones que aplican para reproductoras livianas y ponedoras comerciales</i> | 43 |
| 3.3 | POLLOS DE ENGORDE | 47 |
| 3.3.1 | <i>Vitaminas liposolubles en pollos</i> | 47 |
| 3.3.2 | <i>Vitaminas hidrosolubles en pollos</i> | 50 |

| | |
|---|----|
| 3.3.3 <i>Microminerales en pollos</i> | 52 |
| 3.4 CERDOS..... | 54 |
| 3.4.1 <i>Vitaminas liposolubles en cerdos comerciales</i> | 54 |
| 3.4.2 <i>Vitaminas hidrosolubles en cerdos comerciales</i> | 57 |
| 3.4.3 <i>Minerales en cerdos comerciales</i> | 59 |
| 3.4.4 <i>Vitaminas liposolubles e hidrosolubles en cerdos de reproducción</i> | 62 |
| 3.4.5 <i>Minerales en cerdos de reproducción</i> | 65 |
| 3.5 COMPARACIÓN ECONÓMICA..... | 66 |
| 3.5.1 <i>Reproductoras Pesadas</i> | 66 |
| 3.5.2 <i>Reproductoras Livianas</i> | 67 |
| 3.5.3 <i>Ponedora Comercial</i> | 68 |
| 3.5.4 <i>Pollo</i> | 69 |
| 3.5.5 <i>Porcinos</i> | 70 |
| 3.6 MANUAL DE REFERENCIA | 72 |
| CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 73 |
| CAPITULO V. LITERATURA CITADA | 74 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Título | Página |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Necesidades de micronutrientes de las reproductoras livianas y pesadas en las etapas de pre-inicio, inicio, desarrollo y postura (UI o mg/ton)..... | 11 |
| 2 | Necesidades vitamínicas y minerales de ponedores comerciales en sus distintas etapas (UI o mg/ton)..... | 13 |
| 3 | Necesidades vitamínicas y minerales de pollos en las etapas de pre-inicio e inicio (UI o mg/ton)..... | 15 |
| 4 | Necesidades vitamínicas y minerales de pollos en la etapa de crecimiento y engorde (UI o mg/ton)..... | 16 |
| 5 | Necesidades vitamínicas y minerales de los lechones en pre-inicio (UI o mg/ton) | 18 |
| 6 | Necesidades vitamínicas y minerales de cerdos en inicio, crecimiento y engorde (UI o mg/ton)..... | 19 |
| 7 | Necesidades de micronutrientes de cerdas de reemplazo, gestación, lactancia y verracos (UI o mg/ton)..... | 20 |
| 8 | Promedio de los niveles vitamínicos utilizados en ponedoras, pollos y cerdos en España (UI o mg/ton)..... | 21 |
| 9 | Promedio de los niveles vitamínicos utilizados en pollos y cerdos en EE. UU (UI o mg/ton) | 22 |
| 10 | Rangos de los niveles de uso de minerales inorgánicos utilizados en pollos en Australia (ppm) y en Asia, Australia y Nueva Zelanda (ppm) | 23 |
| 11 | Necesidades minerales de ponedores Comerciales de huevo marrón en la etapa postura (mg/ton) | 23 |
| 12 | Valores promedio de micronutrientes utilizados en granjas referenciales y de las fuentes bibliográficas y los niveles recomendados a utilizar para reproductoras pesadas (UI o mg/ton)..... | 29 |
| 13 | Valores promedio de micronutrientes utilizados en granjas referenciales y de las fuentes bibliográficas y los niveles recomendados a utilizar para reproductoras livianas (UI o mg/ton)..... | 36 |

| | | |
|----|--|----|
| 14 | Valores promedio de micronutrientes utilizados en granjas referenciales y de las fuentes bibliográficas y los niveles recomendados a utilizar para ponedoras comerciales y reproductoras livianas (UI o mg/ton). | 39 |
| 15 | Valores promedio de micronutrientes utilizados en granjas referenciales de Costa Rica y de las fuentes bibliográficas y los niveles recomendados a utilizar para pollos de engorde (UI o mg/ton)..... | 49 |
| 16 | Promedio de los niveles de inclusión de micronutrientes utilizados en cerdos comerciales en granjas costarricenses, promedio de las referencias bibliográficas consultadas y recomendaciones de los niveles a utilizar en cerdos comerciales (UI o mg/ton) | 56 |
| 17 | Promedio de los niveles de inclusión de micronutrientes utilizados en cerdos reproductores en granjas costarricenses, promedio de las referencias bibliográficas consultadas y recomendaciones de los niveles a utilizar (UI o mg/ton)..... | 64 |
| 18 | Orden según el costo total de la premezcla de reproductoras pesadas y livianas (siendo 1 el más costoso)..... | 67 |
| 19 | Orden según el costo total de la premezcla de ponedoras comerciales (siendo 1 el más costoso) | 68 |
| 20 | Orden según el costo total de la premezcla de pollos de engorde (siendo 1 el más costoso) | 69 |
| 21 | Orden según el costo total de la premezcla de cerdos comerciales (siendo 1 el más costoso) | 70 |
| 22 | Orden según el costo total de la premezcla de cerdos reproductores (siendo 1 el más costoso) | 71 |

RESUMEN

Las vitaminas y minerales son un eje clave en la nutrición de los animales, que les permite alcanzar su máximo potencial genético productivo. Sin embargo, hay gran variación en cuanto a las exigencias de cada productor costarricense respecto a los niveles de inclusión a utilizar en las dietas de su granja, lo que dificulta el manejo en las plantas pre-mezcladoras.

Con el presente trabajo se busca contribuir en la homogenización de los niveles de vitaminas y minerales a utilizar comercialmente en aves y cerdos en Costa Rica, a través de la elaboración de un manual. Esto permite el aprovechamiento adecuado de las materias primas, la practicidad de la producción de las premezclas en la planta y un beneficio económico para el productor sin perjudicar la productividad de los animales.

Se recopiló información sobre los niveles vitamínicos y minerales utilizados en diferentes granjas porcinas y avícolas en Costa Rica y de los niveles recomendados por casas genéticas como Aviagen, Cobb-Vantress, Hubbard, Hy-line, Lohmann, Hendrix Genetics, Topigs Norsvin, PIC, Choice Genetics, entre otras. También, se investigaron los niveles establecidos por el National Research Council (NRC), las normas recomendadas por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), Rostagno y algunos libros donde se establecen los niveles de otras como el Institut National de Recherche Agronomique (INRA) y el Agriculture Research Council (ARC).

Una vez obtenida la información, se hizo una comparación para luego recomendar y establecer en un manual los niveles óptimos a utilizar basados en la representación de la realidad de las granjas. Para ello se toman en cuenta los promedios de los niveles de inclusión utilizados actualmente en granjas referenciales de Costa Rica y se ajustaron con respecto a los requerimientos reportados por las casas genéticas y la literatura.

Se observa como resultado que, en general y con respecto al valor de referencia de las granjas, los mayores cambios se dan en la inclusión de las etapas de desarrollo en reproductoras livianas y desarrollo en ponedoras. Seguido por el nivel de Zn de los cerdos comerciales. Además de ello, se observa que lo que más varía son las vitaminas liposolubles y los minerales en las etapas fisiológicas productivas.

INTRODUCCION

El estudio de los requerimientos nutricionales de los animales inicia en el siglo XVIII. Poco después, a través de estudios, se establecen los niveles necesarios en las diferentes especies animales y en todas sus etapas fisiológicas (Sauvant et al. 2004).

Para el siglo XXI, se toman en cuenta nuevos puntos críticos a tener en consideración relacionados a la alimentación animal. Entre ellos, se incluyen la productividad, eficiencia, calidad de alimentos, salud y bienestar animal. También, se incluyen conceptos como la óptima nutrición vitamínica (Barroeta et al. 2002).

Según Barroeta et al. (2002), se define el objetivo del concepto de óptima nutrición vitamínica como *“suplementar el alimento de los animales con el nivel considerado como más adecuado (el óptimo) de todas las vitaminas, hidro y liposolubles de forma que se optimice el estado de salud y la productividad de los animales domésticos garantizando al mismo tiempo eficiencia de los niveles recomendados. Dichos niveles de suplementación óptimos deberán, asimismo, compensar los factores de estrés sobre el animal y sobre la alimentación, garantizando de este modo que el rendimiento y la salud no se vean limitados”*.

A lo largo de los años, la producción animal ha sufrido cambios en pro de mejorar los rendimientos productivos. Durante este proceso, ha enfrentado muchos retos, ya que no sólo se deben tomar en cuenta los puntos antes mencionados, si no, también el impacto en la inocuidad del producto y el ambiente (Sauvant et al. 2004; Rostagno et al. 2017).

Otro aspecto que se debe tomar en cuenta es el valor económico, ya que se ve afectado al incrementar los valores de vitaminas utilizados o según la fuente de los microminerales que se utilice en las premezclas (Rostagno et al. 2017).

Las premezclas de vitaminas y minerales se han llegado a utilizar en la alimentación animal debido a que los macro ingredientes de las dietas no aportan a los monogástricos dichos micronutrientes en suficiente cantidad. Con el uso de ellas, se logra satisfacer los requerimientos de cada especie, según su etapa fisiológica. Así, se obtiene un buen rendimiento productivo y se evitan enfermedades a causa de deficiencias (Sauvant et al. 2004; Combs 2008).

A pesar de que el costo de las vitaminas sólo representa un 1% del costo total de un alimento balanceado, se debe evitar tener márgenes amplios en los niveles utilizados, lo ideal es ajustarlos para que haya balance entre el costo y el beneficio (Barroeta et al. 2002). De igual forma, se debe considerar el tipo de las fuentes minerales a incorporar porque según se utilicen minerales inorgánicos o complejos organo-metálicos se va beneficiar más la eficiencia alimenticia o el factor económico (Rostagno et al. 2017).

Por ende, es importante tomar en cuenta las diferentes recomendaciones disponibles de los requerimientos de los animales. También, se deben tomar en cuenta las condiciones en las que vive el animal, incluyendo el clima, el manejo y cualquier otro factor que pueden influir en su necesidad de nutrientes (Barroeta et al. 2002).

Recientemente, Faryvet S.A adquiere una nueva planta para la producción de las premezclas. Debido al cambio de estructuración de producción, se recomienda rediseñar y adecuar los niveles de inclusión de microingredientes con los que la empresa va a trabajar según la especie y la etapa fisiológica.

Ante esto, se planteó la realización del proyecto de graduación para contribuir en el proceso de cambio de la empresa. Como resultado, se generó un manual donde se propone establecer niveles óptimos de vitaminas y minerales a utilizar en cerdos, aves de postura, pollos de engorde y reproductoras livianas y pesadas.

OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

- Elaborar un manual de niveles de vitaminas y minerales para las diferentes etapas fisiológicas de cerdos, aves de postura, pollos de engorde y reproductoras.

1.2 Objetivos específicos

1. Recopilar la información sobre los niveles a utilizar de vitaminas y minerales en cerdos, aves de postura, pollos de engorde y reproductoras.
2. Establecer los niveles óptimos para utilizar en una premezcla tomando en cuenta los factores económicos, prácticos y productivos.
3. Elaborar un manual para la utilización de los niveles prácticos de vitaminas y minerales en cerdos, aves de postura, pollos de engorde y reproductoras de las premezclas de la empresa.

CAPITULO I. REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1 Vitaminas

Las vitaminas son un grupo de compuestos orgánicos muy complejos que están presentes en pequeñas cantidades en alimentos naturales o que son sintetizadas por microorganismos en el cuerpo (McDowell 1989). Son micronutrientes esenciales en la alimentación para un metabolismo normal y para evitar enfermedades que se generan por su deficiencia que pueden llegar a ser mortales. Sin embargo, no aportan energía (McDowell 1989; López et al. 2012; Palacios-Sánchez 2013; Panini 2013).

Estos compuestos se clasifican como un grupo no por su composición, sino por su función (McDowell 1989); Además, pueden ser sub clasificadas según su solubilidad (liposolubles o hidrosolubles). En la actualidad también se considera su importancia en la dieta, su interés en clínica y su capacidad antioxidante como referencias para su clasificación (McDowell 1989; López et al. 2012).

Las vitaminas liposolubles son A, D, E y K (Vásquez 2016; Blair 2018). La vitamina A se expresa en unidades internacionales (UI) por kilogramo de dieta y tiene un papel importante en la visión, desarrollo de tejidos, reproducción e inmunidad (Zempleni et al. 2012; Blair 2018).

La vitamina D es una prohormona que se transforma en el hígado y luego en el riñón para llegar a su forma activa, que es el calcitriol (Vasudevan et al. 2011; Zempleni et al. 2012). En aves, se necesita para la absorción y deposición de calcio y tiene funciones de maduración y diferenciación mononuclear que colaboran con la inmunidad (Lorenzo et al. 2008; Zempleni et al. 2012; Blair 2018). En el caso de las aves de corral, estas sólo pueden utilizar la vitamina D₃, mientras que los cerdos también pueden utilizar la vitamina D₂ (Blair 2018).

En cuanto a la vitamina E, se requiere para el crecimiento, la reproducción y evita la degradación de las membranas celulares y la oxidación de sus componentes (Lorenzo et al. 2008; Blair 2018). Por último, la vitamina K se puede sintetizar por microbios del tracto digestivo y su función se relaciona a procesos de coagulación (Blair 2018).

Dentro de la clasificación de las vitaminas hidrosolubles se encuentran las vitaminas B1 (Tiamina), B2 (Riboflavina), B3 (Nicotinamida), B5 (Ácido pantoténico), B6 (Piridoxina), B8 o vitamina H (Biotina), B9 (Ácido fólico), B12 (Cobalamina) y C (Ácido ascórbico) (Vásquez 2016; Blair 2018, Macías-Alvia et al. 2018). La vitamina C es una vitamina que funciona como reductora e interviene en la síntesis de colágeno. También, participa en la conversión del ácido fólico, la síntesis de esteroides, la fagocitosis, entre otros (Lorenzo et al. 2008; Vasudevan et al. 2011).

En general, la importancia de las vitaminas del grupo B en aves de corral es que participan en reacciones bioquímicas como cofactores enzimáticos que se relacionan a la transferencia de energía. La vitamina B1 contribuye en la formación de la acetilcoenzima A y succinilcoenzima A, mas su papel principal está relacionado al metabolismo de los carbohidratos, lo cual es importante porque entre mayor cantidad de carbohidratos haya en la dieta, mayor será el requerimiento de esta vitamina (Vasudevan et al. 2011). La vitamina B2 forma dos coenzimas que funcionan como transportadoras de electrones y protones y son parte de reacciones de óxido-reducción en el metabolismo energético y en el metabolismo de las proteínas (Lorenzo et al. 2008).

La vitamina B3 tiene como función, con sus coenzimas, catalizar reacciones de oxidación-reducción que son esenciales para la respiración de los tejidos. Además, interviene en el metabolismo de glúcidos, grasas y proteínas (Lorenzo et al. 2008). La vitamina B5 es una coenzima que participa en el metabolismo de los ácidos grasos (Lorenzo et al. 2008; Combs 2012; Panini 2013). A pesar de que dicha vitamina se encuentra en los ingredientes de las dietas de las aves y los cerdos, no es suficiente para un buen desempeño del animal.

La vitamina B6 tiene coenzimas que se involucran en el metabolismo de los aminoácidos, mientras que la vitamina B8 (biotina) tiene la función de sintetizar lípidos y se involucra en el metabolismo de la glucosa. La vitamina B12 se encuentra en productos animales, por ello, se debe suplementar cuando las dietas no tienen dicho ingrediente. La función es clave en aves de corral en crecimiento, gallos y aves reproductoras. También, dicha vitamina se relaciona al ácido fólico y su metabolismo. El ácido fólico se involucra en el metabolismo y biosíntesis de los purines y las pirimidinas (Blair 2018).

Según Blair (2018), las vitaminas que requieren las aves de corral son 14 y no todas se encuentran en la dieta. Estas son, las vitaminas liposolubles A, D, E y K, y las vitaminas hidrosolubles biotina, ácido fólico, niacina, ácido pantoténico, riboflavina, tiamina, piridoxina, cobalamina, la vitamina C y la colina. De ellas, se deben incluir en la dieta todas excepto la vitamina C, ya que no la requieren porque los tejidos de su cuerpo pueden sintetizarla. La importancia de las vitaminas en las aves se relaciona al crecimiento y la reproducción.

Las principales razones por las que las aves de corral tienen altos requerimientos de vitaminas, según Lambio (2010), son: 1) tienen poco o ningún aprovechamiento de la síntesis microbiana de vitaminas en el tracto digestivo, 2) las vitaminas son coenzimas de reacciones metabólicas vitales en el cuerpo del ave y 3) el estrés del manejo provoca aumento en los requerimientos de las vitaminas.

En el caso de los cerdos, se dice que los requerimientos de vitaminas han aumentado. Según Cunha (1977), existen 13 factores por los que se han aumentado los requerimientos. Algunos de ellos son: 1) selección de cerdos más carnosos y con crecimiento más rápido, 2) diferencias genéticas de los animales, 3) confinamiento completo con reducción de coprofagia, 4) interrelaciones de los nutrientes, 5) cambios del ambiente en el que se desarrollan los cerdos, 6) destete a menores edades y enfermedades subclínicas, entre otras.

En general, es importante recordar que las vitaminas liposolubles (A, D, E y K) y la vitamina B12 se pueden almacenar en tejidos corporales, a diferencia de las vitaminas hidrosolubles (Panini 2013). Por ende, en el momento de establecer valores de protección, se puede ser más flexible con las vitaminas liposolubles que con las hidrosolubles.

1.2 Minerales

Se conocen como minerales a los elementos inorgánicos que se encuentran en la corteza de la Tierra. Los minerales esenciales son aquellos que tienen relaciones bioquímicas bien definidas y que deben ser suministrados en la dieta de vertebrados para que tengan buena salud y puedan alcanzar niveles productivos óptimos (NRC 2005).

Existen más de una docena de minerales esenciales y se conocen los requerimientos nutricionales de cada animal para su buen desempeño. Se cree que otra cantidad similar de

minerales es esencial porque su suplementación incrementa ganancias de peso o eficiencia, pero sus roles bioquímicos o fisiológicos aún no se han descubierto (NRC 2005).

En la nutrición animal, los minerales se pueden encontrar en diferentes presentaciones, como minerales orgánicos e inorgánicos. Los minerales quelatados son minerales de tipo orgánico que han pasado por un proceso en que se combinan con aminoácidos o péptidos que los hace más digestibles o biodisponibles y más estables. Los minerales que se pueden encontrar de forma quelatada son el hierro (Fe), cobalto (Co), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn), que se utilizan sobre todo en etapas reproductivas (Dayyani et al. 2013).

Los minerales traza que se incluyen en las dietas de los monogástricos, como cerdos y aves, son el Fe, Cu, Zn, Mn, selenio (Se) y el yodo (I). En algunos casos, también se incluyen el Co y el molibdeno (Mo) (Mateos et al. 2004).

El Fe es el mineral que se encuentra en mayor cantidad en un animal, sobre todo, ligado a la hemoglobina. Su función se relaciona a reacciones bioquímicas como la síntesis de ADN y el transporte de oxígeno. Dicho mineral tiene alta importancia en lechones con alta capacidad de crecimiento (Mateos et al. 2004).

El Cu es un mineral que se necesita para activar enzimas relacionadas al transporte y metabolismo del Fe, la formación del colágeno, el desarrollo de los huesos, la producción de melanina y la integridad del sistema nervioso central. Es difícil observar una deficiencia del Cu en cerdos debido a que sus requerimientos se alcanzan fácilmente (Mateos et al. 2004).

El Zn es un elemento que se encuentra unido a proteínas en el cuerpo del animal. Su función se relaciona con la actividad de las enzimas y de la hormona insulina (Vasudevan et al., 2011). También, se relaciona al desarrollo de huesos y cartílago, la replicación celular y la fertilidad (Mateos et al. 2004, Santomá y Mateos 2018).

El Mn es un elemento que se encuentra en las mitocondrias, donde lleva a cabo sus funciones, que incluyen la activación de sistemas enzimáticos, el metabolismo de lípidos e hidratos de carbono, el desarrollo del esqueleto y mantener una buena función reproductiva (Case et al. 2001; Mora-Brautigan 2007). En aves, es importante porque al haber deficiencias, el grosor de la cáscara disminuye y se observan anomalías en su superficie. También, produce

condodistrofia en pollitos recién nacidos y perosis en aves en crecimiento. Sin embargo, en porcinos las necesidades no son tan elevadas ni es común la presencia de deficiencias (Mateos et al. 2004).

El Se es un mineral que, junto a la vitamina E, se consideran antioxidantes (Mora-Brautigán 2007). También, es un cofactor del glutatión peroxidasa y enzimas antioxidantes (Williams 2002). Además, su extra suplementación mejora la inmunidad y la resistencia a las enfermedades de los animales (Mateos et al. 2004). Por último, el yodo es un elemento que es necesario para la síntesis de las hormonas tiroideas. Por ello, es muy importante en el metabolismo del organismo (Mateos et al. 2004).

1.3 Requerimientos nutricionales

Los requerimientos de nutrientes en los animales se han definido por muchos años por el National Research Council (NRC). Pero, a pesar de ello, muchos nutricionistas consideran que los niveles establecidos son poco atinados. La razón de ello es que no se toman en cuenta los niveles necesarios para una óptima producción, en especial para los animales de hoy en día, que tienen un potencial productivo mayor y por ende tienden a tener mayores requerimientos nutricionales (Taylor-Pickard y Tucker 2005; Borel y Desmarchelier 2018).

Además del NRC, las casas genéticas han establecido los requerimientos nutricionales para sus líneas genéticas en las diferentes etapas fisiológicas (Barroeta et al. 2002). También, otros autores hacen una recopilación de diferentes fuentes para establecer niveles vitamínicos y minerales a utilizar en monogástricos (Santomá y Mateos 2018; Barroeta et al. 2002).

En general, hay poca información que redefine los niveles vitamínicos y de microminerales que se deben utilizar en los monogástricos, sobre todo en aves (Taylor-Pickard y Tucker 2005). Los microelementos más estudiados en aves los últimos años son el Mn, Zn y Se, pero más específicamente se han realizado mayor cantidad de estudios de las vitaminas A, E, C y D en pollos y ponedoras y de biotina, vitamina E y ácido fólico en reproductoras pesadas (Santomá y Mateos 2018). Según Lambio (2010), se requieren 13 minerales en la nutrición de las aves de corral. De ellos, son microminerales el Mn, Zn, Fe, Cu, Mo, Se y I.

Existe una tendencia a formular con exceso de minerales inorgánicos, debido a su bajo costo, con el fin de asegurar un margen de seguridad. A pesar de ello, las variaciones de los minerales inorgánicos no tienen mayor impacto en la producción del animal, siempre y cuando se respeten los límites de requerimientos inferiores. Inclusive, su exceso puede impactar el metabolismo de otro mineral (Taylor-Pickard y Tucker 2005).

Se cree que no se invierte capital en investigar los requerimientos actuales de microminerales en animales por la razón mencionada anteriormente. Por ello, recientemente, la razón de confirmar los requerimientos de minerales en los animales está más relacionada al impacto en el ambiente (Taylor-Pickard y Tucker 2005). Inclusive, algunos autores toman en cuenta los límites legales que se han establecido por la Unión Europea (UE). Los minerales traza con niveles máximos de inclusión son Co, Cu, Mn, Zn, Fe y Se mientras que las vitaminas son A y D (Santomá y Mateos 2018).

Actualmente, se dificulta la elección de los niveles a utilizar de minerales traza en monogástricos debido a la disponibilidad de diferentes formas de los minerales. Como se mencionó anteriormente, existen los minerales inorgánicos en diferentes formas, pero también hay disponibilidad de minerales orgánicos. Estos suelen tener una disponibilidad mayor que las sales inorgánicas (Santomá y Mateos 2018).

1.4 Aves Reproductoras

En el caso de las aves reproductoras, la cantidad de referencias sobre los requerimientos de vitaminas y microminerales no son tan amplias como para otras líneas de aves (Cuadro 1). Las investigaciones más actualizadas sobre las necesidades de microelementos en reproductoras es la de Rostagno et al. (2017) y Santomá y Mateos (2018). Sin embargo, la primera referencia presenta los requerimientos nutricionales de forma general para reproductoras livianas y pesadas.

Además, se utilizan en la práctica como valores referenciales, los que se han establecido por algunas casas genéticas como Isa Brown de Hendrix Genetics para reproductoras livianas y Cobb de emplume rápido para reproductoras pesadas (Hendrix Genetics s.f.b; Cobb-Vantress 2013).

No todas las referencias recomiendan la totalidad de los microelementos. Por ejemplo, sólo Hendrix Genetics (s.f.b) recomienda el uso de Co a un nivel de 250 mg/ton para la etapa de inicio y 150 mg/ton para crecimiento y postura para reproductoras livianas. También, en el caso de la vitamina C, es recomendada sólo por Cobb-Vantress (2013) y por Hendrix Genetics (s.f.b), donde la primera lo recomienda en un nivel de 25.000 mg/ton para las etapas de inicio y crecimiento mientras que recomienda 50.000 mg/ton para la etapa de postura de la reproductora pesada. La segunda, indica una necesidad de 100.000 mg/ton para todas las etapas de la reproductora liviana.

Rostagno et al. (2017) muestra los niveles de los requerimientos generales para reproductora pesada y liviana, pero los niveles entre las casas genéticas de reproductora liviana y pesada que se utilizan como referencia tienen ciertas variantes (Hendrix Genetics s.f.b; Cobb-Vantress 2013).

Por otro lado, fuentes como Santomá y Mateos (2018), utilizan los mismos valores para la cría de las pollitas de las ponedoras comerciales y de las pollitas de las reproductoras livianas. Sin embargo, separan las de las reproductoras pesadas. Para estas últimas, la información es aún más limitada que para las otras categorías de aves.

De las referencias consultadas, sólo Rostagno et al. (2017) muestra los requerimientos de minerales orgánicos para reproductoras, de forma general para ambos tipos. Los niveles que reporta para la etapa, en mg/ton, son: 32.830 para Mn, 30.540 para Zn, 22.910 para Fe, 4.580 para Cu y 138 para Se. Para la etapa de crecimiento son: 25.900 (Mn), 24.090 (Zn), 22.910 (Fe), 4.580 (Cu) y 138 (Se). Por último, para la etapa de postura, los valores son: 31.080 (Mn), 28.910 (Zn), 21.680 (Fe), 4.340 (Cu) y 131 (Se).

Cuadro 1. Necesidades de micronutrientes de las reproductoras livianas y pesadas en las etapas de pre-inicio, inicio, desarrollo y postura (UI o mg/ton).

| Nutriente | Reproductora Liviana | General | Reproductora Pesada | Reproductora Liviana | General | Reproductora Pesada | Reproductora Liviana | General | Reproductora Pesada | Reproductora Liviana | | |
|--------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|------------------------|
| | FEDNA ⁴ | Rostagno ¹ | Cobb ² | Isa Brown ³ | FEDNA ⁴ | Rostagno ¹ | Cobb ² | Isa Brown ³ | Rostagno ¹ | Cobb ² | FEDNA ⁴ | Isa Brown ³ |
| Etapa | Pre-inicio | | Inicio | | | | Desarrollo | | | | Postura | |
| Vitaminas (UI/ton) | | | | | | | | | | | | |
| A | 10.000.000 | 12.216.000 | 10.000.000 | 13.000.000 | 10.000.000 | 9.637.000 | 10.000.000 | 10.000.000 | 11.000.000 | 12.000.000 | 10.000.000 | 10.000.000 |
| D | 3.200.000 | 3.054.000 | 3.000.000 | 3.000.000 | 2.700.000 | 2.409.000 | 3.000.000 | 2.000.000 | 3.000.000 | 3.000.000 | 2.800.000 | 2.500.000 |
| E | 22.000 | 45.800 | 80.000 | 25.000 | 18.000 | 36.100 | 50.000 | 25.000 | 50.000 | 100.000 | 30.000 | 20.000 |
| K | 2.300 | 2.440 | 3.000 | 3.000 | 2.600 | 1.930 | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 6.000 | 2.100 | 3.000 |
| B1 | 2.000 | 3.280 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.590 | 2.000 | 2.000 | 2.800 | 3.500 | 1.100 | 2.000 |
| B2 | 7.000 | 8.170 | 8.000 | 5.000 | 6.000 | 6.440 | 7.000 | 5.000 | 8.000 | 16.000 | 7.000 | 5.000 |
| B3 | 35.000 | 49.600 | 40.000 | 60.000 | 25.000 | 39.200 | 35.000 | 40.000 | 35.000 | 40.000 | 25.000 | 40.000 |
| B5 | 11.000 | 16.420 | 12.000 | 15.000 | 8.000 | 12.950 | 10.000 | 12.000 | 15.000 | 25.000 | 12.000 | 12.000 |
| B6 | 2.600 | 4.580 | 3.000 | 5.000 | 2.500 | 3.614 | 3.000 | 5.000 | 3.000 | 6.000 | 2.700 | 5.000 |
| B9 | 1.100 | 1.145 | 1.500 | 750 | 600 | 903 | 1.000 | 750 | 1.100 | 4.000 | 1.000 | 750 |
| Biotina | 105 | 115 | 250 | 200 | 80 | 90 | 250 | 100 | 110 | 300 | 110 | 50 |
| B12 | 16 | 20 | 20 | 20 | 12 | 16 | 20 | 10 | 25 | 40 | 17 | 15 |
| Minerales (mg/ton) | | | | | | | | | | | | |
| Mn | 85.000 | 106.810 | 100.000 | 60.000 | 70.000 | 84.260 | 100.000 | 60.000 | 101.120 | 120.000 | 90.000 | 70.000 |
| Zn | 70.000 | 99.260 | 100.000 | 60.000 | 60.000 | 78.300 | 120.000 | 60.000 | 93.969 | 110.000 | 80.000 | 60.000 |
| Fe | 50.000 | 75.750 | 50.000 | 60.000 | 45.000 | 59.750 | 50.000 | 60.000 | 71.700 | 55.000 | 30.000 | 60.000 |
| Cu | 10.000 | 15.120 | 15.000 | 8.000 | 8.000 | 11.920 | 15.000 | 6.000 | 14.310 | 15.000 | 9.000 | 8.000 |
| Yodo | 900 | 1.070 | 1.500 | 1.000 | 800 | 840 | 500 | 1.000 | 1.010 | 2.000 | 1.000 | 1.000 |
| Se | 360 | 455 | 300 | 250 | 350 | 359 | 300 | 250 | 431 | 300 | 350 | 250 |

Fuentes: Rostagno et al. (2017)¹, Cobb-Vantress (2013)², Hendrix Genetics (s.f.b)³ y Santomá y Mateos (2018)⁴.

1.5 Ponedoras comerciales

La información relacionada a las necesidades de vitaminas y minerales en ponedoras comerciales es antigua. Los trabajos recientes en el área se enfocan en la vitamina E, vitamina D y minerales orgánicos como el Cu, Zn y Mn (Santomá y Mateos 2018).

En Costa Rica, la variedad de líneas genéticas de ponedoras comerciales utilizadas es más amplia en comparación a las aves reproductoras. Por ende, la cantidad de fuentes de casas genéticas aumentan. En general, las referenciales consultadas dividen las etapas fisiológicas de las aves de línea de ponedora en inicio, crecimiento y postura, aunque en algunos casos también incluyen la fase de pre-inicio (Cuadro 2).

Cabe mencionar, que al igual que para las aves reproductoras, sólo Hendrix Genetics (s.f.b) presenta requerimientos de Co, siendo los valores de 500 mg/ton para las etapas de inicio y crecimiento y de 200 mg/ton para la etapa de postura.

Por otro lado, al igual que en reproductoras, sólo Rostagno et al. (2017) menciona los requerimientos de minerales orgánicos en las ponedoras comerciales. Los niveles reportados para la etapa de inicio, en mg/ton, son: 32.830 (Mn), 30.540 (Zn), 22.910 (Fe), 4.580 (Cu) y 138 (Se). Para la etapa de crecimiento, los niveles son: 25.900 (Mn), 24.090 (Zn), 18.070 (Fe), 3.610 (Cu) y 109 (Se). Por último, para la fase de postura, los valores reportados son: 25.900 (Mn), 24.090 (Zn), 18.070 (Fe), 3.610 (Cu) y 109 (Se).

Cuadro 2. Necesidades vitamínicas y minerales de ponedores comerciales en sus distintas etapas (UI o mg/ton).

| Nutriente | FEDNA ⁶ | Rostagno ¹ | NRC ² | Lohmann ³ | Isa-Brown ⁴ | FEDNA ⁶ | Rostagno ¹ | NRC ² | Lohmann ³ | Isa-Brown ⁴ | Hy-line Brown ⁵ | Rostagno ¹ | NRC ² | Lohmann ³ | Isa-Brown ⁴ | Hy-line Brown ⁵ | FEDNA ⁶ |
|--------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|--|----------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|--------------------|
| | Etapa | Pre-inicio | Inicio | | Desarrollo | | | | Postura Comercial | | | | | | | | |
| Vitaminas (UI/ton) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 10 x10 ⁶ | 12,216 x10 ⁶ | 1,42 x10 ⁶ | 12 x10 ⁶ | 13 x10 ⁶ | 8 x10 ⁶ | 9,637 x10 ⁶ | 1,420 x10 ⁶ | 12 x10 ⁶ | 10 x10 ⁶ | 10 x10 ⁶ | 9 x10 ⁶ | 3 x10 ⁶ | 10 x10 ⁶ | 12 x10 ⁶ | 8 x10 ⁶ | 9 x10 ⁶ |
| D | 2,8 x10 ⁶ | 3,054 x10 ⁶ | 1,9 x10 ⁶ | 2 x10 ⁶ | 3 x10 ⁶ | 2,5 x10 ⁶ | 2,409 x10 ⁶ | 1,9 x10 ⁶ - 2,8 x10 ⁶ | 2 x10 ⁶ | 2 x10 ⁶ | 3,3 x10 ⁶ | 2,4 x10 ⁶ | 3 x10 ⁶ | 2,5 x10 ⁶ | 3 x10 ⁶ | 3,3 x10 ⁶ | 3 x10 ⁶ |
| E | 19.000 | 45.800 | 4.700- 9.500 | 20.000- 30.000 | 25.000 | 15.000 | 36.100 | 4.700 | 20.000- 30.000 | 25.000 | 25.000 | 12.000 | 5.000 | 15.000- 30.000 | 25.000 | 20.000 | 13.000 |
| K | 2.700 | 2.440 | 470 | 3.000 | 2.000 | 2.000 | 1.930 | 470 | 3.000 | 2.000 | 3.500 | 2.160 | 500 | 3.000 | 2.000 | 2.500 | 1.700 |
| B1 | 1.500 | 3.280 | 1.000 | 1.000 | 2.000 | 1.100 | 2.590 | 800 | 1.000 | 2.000 | 2.200 | 1.800 | 700 | 1.000 | 2.000 | 2.500 | 1.000 |
| B2 | 5.000 | 8.170 | 1.700- 3.400 | 6.000 | 5.000 | 4.200 | 6.440 | 1.700 | 6.000 | 5.000 | 6.600 | 4.800 | 2.500 | 4.000 | 5.000 | 5.500 | 4.000 |
| B3 | 30.000 | 49.600 | 10.300- 26.000 | 30.000 | 60.000 | 22.000 | 39.200 | 10.300 | 30.000 | 30.000 | 40.000 | 30.000 | 10.000 | 30.000 | 40.000 | 30.000 | 20.000 |
| B5 | 9.000 | 16.420 | 9.400 | 8.000 | 15.000 | 7.000 | 12.950 | 9.400 | 8.000 | 10.000 | 10.000 | 12.000 | 2.000 | 10.000 | 10.000 | 8.000 | 8.000 |
| B6 | 2.300 | 4.580 | 2.800 | 3.000 | 5.000 | 1.800 | 3.614 | 2.800 | 3.000 | 5.000 | 4.500 | 2.100 | 2.500 | 3.000 | 5.000 | 4.000 | 1.800 |
| B9 | 600 | 1.145 | 230- 520 | 1.000 | 750 | 300 | 903 | 230 | 1.000 | 750 | 1.000 | 600 | 250 | 500 | 750 | 900 | 300 |
| B8 | 75 | 114,5 | 90- 140 | 50 | 200 | 40 | 90 | 90 | 50 | 200 | 100 | 60 | 100 | 50 | 200 | 75 | 50 |
| B12 | 15 | 19,9 | 30-90 | 20 | 20 | 10 | 15,9 | 30 | 20 | 20 | 23 | 16 | 40 | 25 | 20 | 23 | 10 |
| Minerales (mg/ton) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mn | 80.000 | 106.810 | 28.000- 56.000 | 100.000 | 60.000 | 65.000 | 84.260 | 28.000 | 100.000 | 60.000 | 90.000 | 92.690 | 20.000 | 100.000 | 60.000 | 90.000 | 90.000 |
| Zn | 62.000 | 99.260 | 33.000- 38.000 | 60.000 | 60.000 | 55.000 | 78.300 | 33.000 | 60.000 | 60.000 | 85.000 | 86.130 | 35.000 | 60.000 | 60.000 | 80.000 | 80.000 |
| Fe | 40.000 | 75.750 | 56.000- 75.000 | 25.000 | 60.000 | 35.000 | 59.750 | 56.000 | 25.000 | 60.000 | 30.000 | 65.730 | 45.000 | 25.000 | 60.000 | 40.000 | 30.000 |
| Cu | 8.000 | 15.120 | 4.000- 5.000 | 5.000 | 5.000 | 7.000 | 11.920 | 4.000 | 5.000 | 5.000 | 15.000 | 13.120 | - | 5.000 | 5.000 | 8.000 | 90.000 |
| Yodo | 600 | 1.070 | 330 | 500 | 1.000 | 500 | 840 | 330 | 500 | 1.000 | 1.500 | 930 | 35 | 500 | 1.000 | 1.200 | 1.000 |
| Se | 350 | 455 | 100-140 | 200 | 200 | 350 | 359 | 100 | 200 | 200 | 250 | 395 | 60 | 200 | 200 | 220 | 350 |

*Para gallinas con un consumo de 100 g

Fuentes: Rostagno et al. (2017)¹, NRC. (1994)², Lohmann Tierzucht (2013)³, Hendrix Genetics (s.f.a)⁴, Hy-Line (2017)⁵ y Santomá y Mateos (2018)⁶.

1.6 Pollos de Engorde

En comparación a las ponedoras, la cantidad de líneas genéticas de pollos usadas en Costa Rica es mucho menor. La mayoría de las referencias dividen las etapas fisiológicas del pollo comercial en inicio, crecimiento y engorde. Sin embargo, algunas referencias también incluyen la fase de pre-inicio (Cuadro 3 y 4).

En pollos, ha habido un aumento en los valores recomendados a utilizar en microelementos. La mayoría de los que han aumentado son los relacionados a la inmunidad, el estrés oxidativo y la calidad de la canal (Santomá y Mateos 2018). Según Campos-Granados (2015), las vitaminas relacionadas a una mejor respuesta inmune son la A, E, C y del complejo B. A pesar de ello, Santomá y Mateos (2018) indican que estos valores no están justificados económicamente.

Rostagno et al. (2017) indican requerimientos para el uso de minerales orgánicos. En este caso, los reporta para las cuatro fases del pollo de engorde. Los valores que muestra, en mg/ton, para la etapa pre-inicio, son: 36.380 (Mn), 33.850 (Zn), 25.380 (Fe), 5.080 (Cu) y 150 (Se); en el caso de la etapa de inicio, son: 32.830 (Mn), 30.540 (Zn), 22.910 (Fe), 4.580 (Cu) y 140 (Se). Además, para la etapa de crecimiento, los niveles reportados son: 25.900 (Mn), 24.090 (Zn), 18.070 (Fe), 3.610 (Cu) y 110 (Se). Por último, los que indica para la etapa de engorde, son: 21.160 (Mn), 19.680 (Zn), 14.760 (Fe), 2.950 (Cu) y 200 (Se).

Cuadro 3. Necesidades vitamínicas y minerales de pollos en las etapas de pre-inicio e inicio (UI o mg/ton).

| Nutriente | Rostagno ¹ | | Hubbard ² | | NRC ³ | Cobb 500 ⁴ | Ross ⁵ | FEDNA ⁶ |
|-----------|---------------------------|------------|----------------------|-----------------|------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| | Pre-inicio | Inicio | Pre-inicio | Inicio | | | | |
| | Vitaminas (UI/ton) | | | | | | | |
| A | 13.538.000 | 12.216.000 | 15.000.000 | 12.500.000 | 1.500.000 | 11.500.000 | 12.000.000 | 10.000.000 |
| D | 3.385.000 | 3.054.000 | 3.000.000 | 2.500.000 | 200.000 | 5.000.000 | 5.000.000 | 3.500.000 |
| E | 50.800 | 45.800 | 50.000- 100.000 | 30.000- 100.000 | 10.000 | 80.000 | 80.000 | 25.000 |
| K | 2.710 | 2.440 | 3.000 | 2.000 | 500 | 3.000 | 3.200 | 2.500 |
| B1 | 3.640 | 3.280 | 3.000 | 2.000 | 1.800 | 3.000 | 3.200 | 2.000 |
| B2 | 9.050 | 8.170 | 8.000 | 6.000 | 3.600 | 9.000 | 8.600 | 6.500 |
| B3 | 55.000 | 49.600 | 60.000 | 40.000 | 35.000 | 60.000 | 65.000 | 45.000 |
| B5 | 18.190 | 16.420 | 15.000 | 10.000 | 10.000 | 15.000 | 20.000 | 12.000 |
| B6 | 5.080 | 4.580 | 4.000 | 3.000 | 3.500 | 4.000 | 4.300 | 3.000 |
| B9 | 1.269 | 1.145 | 1.500 | 1.000 | 550 | 2.000 | 2.200 | 1.000 |
| Biotina | 126,9 | 114, 5 | 200 | 100 | 150 | 150 | 220 | 130 |
| B12 | 22 | 19, 9 | 20 | 10 | 10 | 20 | 17 | 16 |
| C | - | - | 200.000 | 200.000 | - | - | - | - |
| | Minerales (mg/ton) | | | | | | | |
| Mn | 118.370 | 106.810 | 80.000 | 80.000 | 80.000 | 100.000 | 120.000 | 90.000 |
| Zn | 110.000 | 99.260 | 80.000 | 80.000 | 40.000 | 100.000 | 110.000 | 75.000 |
| Fe | 83.930 | 75.750 | 60.000 | 60.000 | 80.000 | 40.000 | 20.000 | 33.000 |
| Cu | 16.760 | 10.540 | 10.000 | 10.000 | 8.000 | 15.000 | 16.000 | 8.000 |
| Yodo | 1.190 | 1.070 | 1.000 | 1.000 | 350 | 1.000 | 1.250 | 1.100 |
| Se | 500 | 460 | 200 | 200 | 150 | 350 | 300 | 340 |

Fuentes: Rostagno et al. (2017)¹, Hubbard (2007)², NRC (1994)³, Cobb-Vantress (2018)⁴, Aviagen (2017)⁵ y Santomá y Mateos (2018)⁶.

Cuadro 4. Necesidades vitamínicas y minerales de pollos en la etapa de crecimiento y engorde (UI o mg/ton).

| Nutriente | Rostagno ¹ | NRC ² | Cobb 500 ³ | Ross ⁴ | Hubbard ⁵ | FEDNA ⁶ | Rostagno ¹ | NRC ² | Cobb 500 ³ | Ross ⁴ | Hubbard ⁵ | FEDNA ⁶ |
|---------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| | | | | | | | | | | | | |
| Vitaminas (UI/ton) | | | | | | | | | | | | |
| A | 9.637.000 | 1.500.000 | 10.000.000 | 10.000.000 | 12.500.000 | 9.000.000 | 7.873.000 | 1.500.000 | 10.000.000 | 9.000.000 | 10.000.000 | 7.000.000 |
| D | 2.409.000 | 200.000 | 5.000.000 | 4.500.000 | 2.500.000 | 3.000.000 | 1.968.000 | 200.000 | 5.000.000 | 4.000.000 | 2.000.000 | 2.500.000 |
| E | 36.100 | 10.000 | 50.000 | 65.000 | 30.000-100.000 | 25.000 | 29.500 | 10.000 | 50.000 | 55.000 | 30.000-100.000 | 20.000 |
| K | 1.930 | 500 | 3.000 | 3.000 | 2.000 | 2.200 | 1.560 | 500 | 3.000 | 2.200 | 2.000 | 1.800 |
| B1 | 2.590 | 1.800 | 2.000 | 2.500 | 2.000 | 1.500 | 2.120 | 1.800 | 2.000 | 2.200 | 2.000 | 600 |
| B2 | 6.450 | 3.600 | 8.000 | 6.500 | 6.000 | 5.500 | 5.270 | 3.600 | 6.000 | 5.400 | 6.000 | 3.100 |
| B3 | 39.200 | 30.000 | 50.000 | 60.000 | 40.000 | 35.000 | 33.000 | 30.000 | 50.000 | 45.000 | 40.000 | 21.000 |
| B5 | 12.950 | 10.000 | 12.000 | 18.000 | 10.000 | 11.000 | 10.580 | 10.000 | 10.000 | 15.000 | 10.000 | 8.000 |
| B6 | 3.610 | 3.500 | 3.000 | 3.200 | 3.000 | 2.500 | 2.950 | 3.500 | 3.000 | 2.200 | 3.000 | 1.000 |
| B9 | 903 | 550 | 2.000 | 1.900 | 1.000 | 800 | 738 | 550 | 1.500 | 1.600 | 1.000 | 450 |
| Biotina | 89,8 | 150 | 180 | 180 | 100 | 100 | 73,6 | 150 | 180 | 150 | 100 | 30 |
| B12 | 15,9 | 10 | 15 | 17 | 10 | 15 | 12,9 | 10 | 15 | 11 | 10 | 11 |
| C | - | - | - | - | 200.000 | - | - | - | - | - | 200.000 | - |
| Minerales (mg/ton) | | | | | | | | | | | | |
| Mn | 84.260 | 60.000 | 100.000 | 120.000 | 80.000 | 70.000 | 68.970 | 60.000 | 100.000 | 120.000 | 80.000 | 65.000 |
| Zn | 78.300 | 40.000 | 100.000 | 110.000 | 80.000 | 65.000 | 63.970 | 40.000 | 100.000 | 110.000 | 80.000 | 55.000 |
| Fe | 59.750 | 80.000 | 40.000 | 20.000 | 60.000 | 30.000 | 48.810 | 80.000 | 40.000 | 20.000 | 60.000 | 25.000 |
| Cu | 11.920 | 8.000 | 15.000 | 16.000 | 10.000 | 7.000 | 9.740 | 8.000 | 15.000 | 16.000 | 10.000 | 5.000 |
| Yodo | 840 | 350 | 1.000 | 1.250 | 1.000 | 850 | 690 | 350 | 1.000 | 1.250 | 1.000 | 550 |
| Se | 360 | 150 | 350 | 300 | 200 | 340 | 290 | 150 | 350 | 300 | 200 | 340 |

Fuentes: Rostagno et al. (2017)¹, NRC (1994)², Cobb-Vantress (2018)³, Aviagen (2017)⁴, Hubbard (2007)⁵ y Santomá y Mateos (2018)⁶.

1.7 Cerdos

A diferencia de las aves, los estudios de necesidades vitamínicas y minerales en cerdos son más amplios. En los últimos años, los microelementos más estudiados han sido el Cu, Zn y Se. En cerdos, las vitaminas E, biotina y ácido fólico han sido las más estudiadas (De Blas et al. 2006). Las referencias clasifican las etapas fisiológicas de cerdos comerciales en pre-inicio, crecimiento y engorde (Cuadro 5 y 6). Seguido, separan las etapas de la hembra en reemplazo, gestación y lactancia y mencionan los requerimientos del verraco por aparte (Cuadro 7).

Dentro de la misma especie, los requerimientos pueden variar según el sitio de producción. Esto, porque además de que interfieren tanto el clima como el manejo, también lo hace la genética utilizada. A diferencia de aves de postura y pollos, en Costa Rica, en de cerdos hay presencia de varias líneas genéticas por granja¹. Ante ello, es más difícil guiarse por las recomendaciones de una casa genética en específico.

Según Santomá y Mateos (2018) y De Blas et. al (2006), a pesar de que los minerales orgánicos han aportado nueva información, también han complicado la toma de decisiones para establecer los niveles óptimos a utilizar en los animales debido a que se debe medir su costo-beneficio.

Los valores reportados de minerales orgánicos por Rostagno et al. (2017), en mg/ton, para cerdos son: para la etapa de pre-inicio 22. 950 (Mn), 62.300 (Zn), 45.900 (Fe), 6.890 (Cu) y 207 (Se); para las etapas de inicio y crecimiento de 12.640 a 18.790 (Mn), 34.300 a 51.000 (Zn), de 25.300 a 37.600 (Fe), de 3.790 a 5.640 (Cu) y 114 a 169 (Se); y para la etapa de engorde de 8.820 a 10.510 (Mn), de 23.940 a 28.530 (Zn), de 17.600 a 21.000 (Fe), de 2.650 a 3.150 (Cu) y de 70 a 95 (Se).

¹ Cambroner, O. 01 diciembre 2017. Heredia. Distribución de genética de cerdos en Costa Rica (comunicación personal). Heredia, Costa Rica, Faryvet S.A.

Cuadro 5. Necesidades vitamínicas y minerales de los lechones en pre-inicio (UI o mg/ton).

| Nutriente | NRC ¹ | Rostagno ² | PIC ³ | Choice ⁴ | Topigs Norsvin ⁵ | FEDNA ⁶ |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|
| Pre-inicio | | | | | | |
| Vitaminas (UI/ton) | | | | | | |
| A | 1.750.000-2.200.000 | 10.931.000-12.304.000 | 11.025.000 | 8.820.000-11.030.000 | 16.000.000 | 13.000.000 |
| D | 200.000-220.000 | 2.405.000-2.707.000 | 1.765.000 | 1.650.000-1.810.000 | 1.800.000-2.000.000 | 1.800.000 |
| E | 11.000-16.000 | 65.600-73.800 | 85.000 | 80.000-90.000 | 100.000-150.000 | 45.000 |
| K | 500 | 4.737-5.332 | 5.500 | 4.410-6.610 | 3.000-6.000 | 2.100 |
| B1 | 1.000-1.500 | 1.603-1.805 | - | 2.200 | 4.000-5.000 | 1.700 |
| B2 | 3.000-4.000 | 5.975-6.726 | 13.000 | 8.820-12.130 | 7.500-15.000 | 5.000 |
| B3 | 30.000 | 47.400-53.300 | 70.000 | 41.890-61.730 | 50.000-55.000 | 26.000 |
| B5 | 9.000-12.000 | 24.000-27.100 | 40.000 | 33.070-44.090 | 17.500-45.000 | 15.000 |
| B6 | 3.000-7.000 | 3.206-3.609 | 7.000 | 5.510-8.820 | 4.000-8.000 | 2.500 |
| Ácido Fólico | 300 | 510-574 | 1.050 | 550-1.100 | 1.250-2.500 | 600 |
| Biotina | 50-80 | 160-180 | 275 | 1.100-1.650 | 100-400 | 110 |
| B12 | 15-20 | 33-37 | 55 | 40-50 | 50-60 | 28 |
| Minerales (mg/ton) | | | | | | |
| Mn | 3.000-4.000 | 73.950-83.240 | 50.000 | 30.000-35.000 | 65.000 | 45.000 |
| Zn | 80.000-100.000 | 200.800-225.930 | 150.000 | 130.000-150.000 | 100.000 | 120.000 |
| Fe | 100.000 | 147.900-166.500 | 200.000 | 150.000-175.000 | 160.000 | 90.000 |
| Cu | 5.000-6.000 | 22.190- 24.980 | 18.000 | 15.000-17.000 | 150.000 | 10.000 |
| Yodo | 140 | 1.260-1.420 | 650 | 650-750 | 2.000 | 700 |
| Se | 250-300 | 666-750 | 300 | 300 | 150-250 | 300 |

Fuentes: NRC (2012)¹, Rostagno et al. (2017)², PIC (2016)³, Choice Genetics (2016)⁴, Topigs Norsvin (2016a)⁵ y De Blas et. al (2006)⁶.

Cuadro 6. Necesidades vitamínicas y minerales de cerdos en inicio, crecimiento y engorde (UI o mg/ton).

| Nutriente | NRC ¹ | Rostagno ² | Choice ³ | Topigs Norsvin ⁴ | FEDNA ⁵ | NRC ¹ | Rostagno ² | PIC ⁶ | Choice ³ | Topigs Norsvin ⁴ | FEDNA ⁵ |
|--------------------|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|
| | | | | | | | | | | | |
| Vitaminas (UI/ton) | | | | | | | | | | | |
| A | 1.300.000 | 6.018.000-8.948.000 | 7.780.000 | 5.000.000-7.000.000 | 7.500.000 | 1.300.000 | 4.200.000-5.005.000 | 5.510.000-6.615.000 | 5.510.000 | 7.500.000-10.000.000 | 6.000.000 |
| D | 150.000 | 1.324.000-1.969.000 | 990.000 | 1.000.000-1.500.000 | 1.250.000 | 150.000 | 924.000-1.101.000 | 1.015.000-1.215.000 | 880.000 | 1.500.000-2.000.000 | 1.100.000 |
| E | 11.000 | 36.000-53.700 | 40.000 | 30.000- 40.000 | 15.000 | 11.000 | 25.200-30.000 | 28.000-33.000 | 30.000 | 75.000-100.000 | 10.000 |
| K | 500 | 2.608-3.877 | 3.310 | 1.500- 2.000 | 1.100 | 500 | 1.820-2.169 | 2.800-3.300 | 2.200 | 2.000-3.000 | 800 |
| B1 | 1.000 | 883-1.312 | - | 1.000- 2.000 | 1.000 | 1.000 | 616-734 | - | - | 2.000-3.000 | 800 |
| B2 | 2.000-2.500 | 3.290-4.892 | 5.510 | 5.000- 7.000 | 4.000 | 2.000 | 2.296-2.736 | 4.900-5.700 | 4.410 | 8.000-10.000 | 2.500 |
| B3 | 30.000 | 26.100-38.800 | 22.050 | 15.000- 20.000 | 18.000 | 30.000 | 18.200-21.700 | 31.000-40.000 | 17.640 | 30.000- 40.000 | 15.000 |
| B5 | 7.000-8.000 | 13.200-19.700 | 22.050 | 7.000- 10.000 | 10.000 | 7.000 | 9.200-11.000 | 17.000-20.000 | 17.640 | 35.000- 45.000 | 8.000 |
| 45 | 1.000 | 1.765-2.625 | - | 1.500- 2.000 | 1.500 | 1.000 | 1.232-1.468 | - | - | 3.000-4.000 | 900 |
| B9 | 300 | 281-418 | - | 250- 400 | 60 | 300 | 196-234 | - | - | 1.000-1.500 | 20 |
| B8 | 50 | 88-131 | - | 40 | 120 | 50 | 62-73 | - | - | - | 8 |
| B12 | 5-10 | 18-27 | 22 | 20- 30 | 17 | 5 | 13-15 | 22-26 | 17,64 | 40-50 | 14 |
| Minerales (mg/ton) | | | | | | | | | | | |
| Mn | 2.000 | 40.740-60.590 | 25.000 | 50.000- 75.000 | 35.000 | 2.000 | 28.420-33.910 | 25.000-30.000 | 20.000 | 50.000- 75.000 | 20.000 |
| Zn | 50.000-60.000 | 110.500-164.300 | 120.000 | 100.000-120.000 | 110.000 | 50.000 | 63.239-75.230 | 100.000- 120.000 | 96.000 | 100.000-120.000 | 80.000 |
| Fe | 50.000-60.000 | 81.500-121.100 | 80.000 | 80.000-120.000 | 75.000 | 40.000 | 56.800-67.700 | 66.000-80.000 | 64.000 | 80.000-120.000 | 50.000 |
| Cu | 3.500-4.000 | 12.210-18.170 | 8.000 | 20.000-150.000 | 9.000 | 3.000 | 8.500-10.160 | 10.000-12.000 | 8.000 | 20.000-150.000 | 8.000 |
| Yodo | 140 | 690-1.030 | 320 | 1.000-1.500 | 400 | 140 | 480-580 | 330-400 | 320 | 3.000-4.000 | 300 |
| Se | 150-200 | 367-545 | 240 | 300 | 300 | 150 | 255-305 | 250-300 | 240 | 500 | 200 |

Fuentes: NRC (2012)¹, Rostagno et al. (2017)², Choice Genetics (2016)³, Topigs Norsvin (2012)⁴, De Blas et. al (2006)⁵ y PIC (2016)⁶.

Cuadro 7. Necesidades de micronutrientes de cerdas de reemplazo, gestación, lactancia y verracos (UI o mg/ton).

| Nutriente | PIC ¹ | Choice ² | Topigs Norsvin ³ | NRC ⁴ | Rostagno ⁵ | FEDNA ⁶ | PIC ¹ | Choice ² | NRC ⁴ | PIC ¹ | Choice ² | FEDNA ⁶ | |
|-----------|--|------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|
| | Reemplazo | | | Gestación | Lactancia | General | Gestación y Lactancia | Gesta- ción | Lactan- cia | Verraco | | | |
| Etapa | Vitaminas (UI/ton) | | | | | | | | | | | | |
| A | 6,615 x10 ⁶ -9,92 x10 ⁶ | 11,03 x10 ⁶ | 10 x10 ⁶ | 4 x10 ⁶ | 2 x10 ⁶ | 10,4 x10 ⁶ | 10,5 x10 ⁶ | 9,92 x10 ⁶ | 11,03 x10 ⁶ | 4 x10 ⁶ | 11,025 x10 ⁶ | 12,13 x10 ⁶ | 9 x10 ⁶ |
| D | 1,215 x10 ⁶ -1,985 x10 ⁶ | 6,24 x10 ⁶ | 2 x10 ⁶ | 8 x10 ⁵ | | 1,56 x10 ⁶ | 1,6 x10 ⁶ | 1,985 x10 ⁶ | 6,24 x10 ⁶ | 2 x10 ⁵ | 2 x10 ⁶ | 6,24 x10 ⁶ | 1,2 x10 ⁶ |
| E | 33.000-66.000 | 90.000 | 40.000 | 44.000 | | 58.500 | 45.000 | 66.000 | 90.000 | 44.000 | 110.000 | 90.000 | 50.000 |
| K | 3.300-4.400 | 6.610 | 1.000 | 500 | | 2.600 | 1.600 | 4.400 | 6.610 | 500 | 4.000 | 6.610 | 1.800 |
| B1 | 0-2.200 | 1.320 | 1.000-2.000 | 1.000 | | 1.300 | 1.600 | 2.200 | 1.320 | 1.000 | 2.000 | 1.320 | 1.100 |
| B2 | 6.000-10.000 | 11.020 | 4.000-5.000 | 3.750 | | 5.200 | 5.000 | 10.000 | 11.020 | 3.750 | 10.000 | 11.020 | 5.000 |
| B3 | 40.000-44.000 | 52.910 | 15.000-50.000 | 10.000 | | 32.500 | 22.000 | 44.000 | 52.910 | 10.000 | 44.000 | 52.910 | 25.000 |
| B5 | 20.000-33.000 | 35.270 | 15.000-30.000 | 12.000 | | 20.800 | 13.000 | 33.000 | 35.270 | 12.000 | 33.000 | 35.270 | 16.000 |
| B6 | 0-3.300 | 6.610 | 1.000-3.000 | 1.000 | | 1.950 | 2.500 | 3.300 | 6.610 | 6.620 | 1.000 | 3.300 | 1.500 |
| B9 | 0-1.325 | 1.650 | 3.000-4.000 | 1.300 | | 1.300 | 2.100 | 1.325 | 1.650 | 1.300 | 1.650 | 1.870 | 1.800 |
| B8 | 0-220 | 220 | 300-500 | 200 | | 325 | 130 | 220 | 330 | - | 550 | 440 | 200 |
| B12 | 26-37 | 41,88 | 30-50 | 15 | | 26 | 25 | 37 | 41,88 | - | 37 | 44,09 | 20 |
| | Minerales (mg/ton) | | | | | | | | | | | | |
| Mn | 50.500 | 25.000 | 40.000 | 25.000 | | 63.950 | 40.000 | 50.500 | 25.000 | 20.000 | 50.500 | 23.000 | 35.000 |
| Zn | 125.000 | 125.000 | 100.000 | 100.000 | | 173.600 | 100.000 | 125.000 | 125.000 | 50.000 | 125.000 | 150.000 | 120.000 |
| Fe | 100.000 | 125.000 | 100.000 | 80.000 | | 128.000 | 75.000 | 100.000 | 125.000 | 80.000 | 100.000 | 125.000 | 60.000 |
| Cu | 15.000 | 17.000 | 15.000- 150.000 | 10.000 | 20.000 | 19.150 | 11.000 | 15.000 | 17.000 | 5.000 | 15.000 | 17.000 | 10.000 |
| Yodo | 350 | 700 | 1.500 | 140 | | 1.089 | 800 | 350 | 700 | 140 | 620 | 700 | 500 |
| Se | 300 | 300 | 150-250 | 150 | | 575 | 300 | 300 | 300 | | 300 | | 400 |

Fuentes: PIC (2016)¹, Choice Genetics (2016)², Topigs Norsvin (2016b)³, NRC (2012)⁴, De Blas et al. (2006)⁶ y Rostagno et al. (2017)⁵.

Para las cerdas reproductivas, los valores mostrados de minerales orgánicos, en mg/ton, son: para reemplazo de 150 a 250 para Se; y para gestación y lactancia 19.850 (Mn), 53.900 (Zn), 39.700 (Fe), 5.950 (Cu) y 178 (Se) (Rostagno et al. 2017).

1.8 Niveles de vitaminas y minerales utilizados comercialmente

Se recopila información sobre algunos niveles de vitaminas y minerales utilizados comercialmente en aves y cerdos en diferentes países con el fin de ampliar el conocimiento (Cuadro 8 a 11).

Entre los valores que se consultan son los generados en España (Cuadro 8). En este caso, se muestran los valores de vitaminas de ponedoras comerciales en la etapa de postura (no se muestran los de reproductoras). En el caso de pollo de engorde, se muestran las tres etapas comerciales, mientras que para los cerdos se muestran tanto las comerciales como los valores para los cerdos reproductores.

Fuera de los niveles vitamínicos reportados para España, también se obtienen los generados en Estados Unidos (EE. UU). Como se muestra en el Cuadro 9, en este caso sólo se muestran los valores promedio para los pollos en las etapas comerciales y para los cerdos en sus etapas comerciales y los reproductores.

Cuadro 8. Promedio de los niveles vitamínicos utilizados en ponedoras, pollos y cerdos en España (UI o mg/ton).

| Vitamina | Ponedora ¹ | | Pollo ¹ | | | Cerdos ² | |
|----------|-----------------------|------------|--------------------|-----------|------------|-----------------------|---------------|
| | Postura | Inicio | Crecimiento | Engorde | Lechones | Crecimiento y Engorde | Reproductores |
| A | 9.316.000 | 11.600.000 | 9.900.000 | 3.900.000 | 13.800.000 | 7.800.000 | 11.765.000 |
| D | 2.162.000 | 2.800.000 | 2.290.000 | 890.000 | 2.120.000 | 1.640.000 | 1.720.000 |
| E | 7.620 | 27.900 | 23.200 | 17.500 | 31.400 | 9.500 | 23.600 |
| K | 1.430 | 2.540 | 2.570 | 2.830 | 1.850 | 670 | 1.540 |
| B1 | 910 | 1.640 | 1.490 | 460 | 1.530 | 820 | 670 |
| B2 | 3.940 | 6.500 | 5.300 | 2.250 | 5.880 | 3.350 | 4.250 |
| B3 | 21.400 | 46.400 | 34.000 | 12.900 | 33.000 | 15.500 | 21.000 |
| B5 | 7.450 | 13.100 | 11.000 | 5.590 | 15.600 | 9.000 | 11.900 |
| B6 | 1.630 | 3.350 | 2.620 | 580 | 2.430 | 1.020 | 1.660 |
| B9 | 310 | 1.080 | 850 | 310 | 440 | 40 | 1.340 |
| B12 | 12,3 | 16,6 | 15 | 5,88 | 30 | 20 | 22 |
| Biotina | 20 | 130 | 90 | 23 | 90 | 7 | 150 |

Fuentes: Villamide y Fraga (1999)¹ y Fraga y Villamide (2000)²

Cuadro 9. Promedio de los niveles vitamínicos utilizados en pollos y cerdos en EE. UU (UI o mg/ton).

| Vitamina | Pollos | | | Cerdos | | | | |
|--------------|-----------|-------------|-----------|-----------------------|-----------------------|-------------|-----------|---------------|
| | Inicio | Crecimiento | Engorde | Lechones (3-10 kg) | Lechones (10-20 kg) | Crecimiento | Engorde | Reproductores |
| A | 7.670.000 | 7.170.000 | 5.780.000 | 10.000.000-20.000.000 | 10.000.000-15.000.000 | 7.500.000 | 5.700.000 | 11.377.000 |
| D | 2.700.000 | 2.510.000 | 2.010.000 | 1.800.000-2.000.000 | 1.112.000 | 841.000 | 1.602.000 | - |
| E | 23.210 | 17.930 | 14.210 | 60.000-100.000 | 27.700 | 20.000 | 54.000 | - |
| K | 1.370 | 1.270 | 1.010 | 2.000-4.000 | 2.000-4.000 | 2.310 | 1.730 | 3.500 |
| B1 | 1.670 | 1.530 | 1.190 | 2.000-4.000 | 2.000-3.000 | 400 | 580 | 900 |
| B2 | 6.680 | 6.240 | 5.030 | 6.000-10.000 | 5.000-8.000 | 5.400 | 3.800 | 7.800 |
| B3 | 39.300 | 37.000 | 29.800 | 40.000-50.000 | 30.000-40.000 | 29.000 | 22.000 | 42.000 |
| B5 | 10.740 | 10.070 | 8.110 | 15.000-30.000 | 15.000-25.000 | 18.000 | 15.000 | 25.000 |
| B6 | 2.480 | 2.280 | 1.830 | 4.000-6.000 | 3.000-5.000 | 400 | 900 | 1.150 |
| Ácido Fólico | 800 | 740 | 590 | 1.500-2.500 | 1.500-2.000 | 191 | 305 | 1.704 |
| Biotina | 74 | 68 | 55 | 150-300 | 150-300 | 46 | 61 | 326 |
| B12 | 12,66 | 11,76 | 9,46 | 40-60 | 30-40 | 24 | 19 | 34 |

Fuente: Coelho (2000), citado por Barroeta et al. (2002).

En relación a los niveles reportados para minerales en otros países, se obtienen los rangos utilizados en Asia y algunos países de Oceanía para minerales inorgánicos en pollos (Cuadro 10). Las dietas de las que se obtuvieron los números en el caso de los niveles generales (Asia, Australia y Nueva Zelanda) eran a base de maíz. Esto es importante ya que permite comparar un poco más a la realidad costarricense.

Cuadro 10. Rangos de los niveles de uso de minerales inorgánicos utilizados en pollos en Australia (ppm) y en Asia, Australia y Nueva Zelanda (ppm).

| Mineral | Rangos de uso (ppm) | | |
|---------|---------------------|-------------|---------------------------------|
| | País | Australia | Asia, Australia y Nueva Zelanda |
| Etapa | Inicio | Crecimiento | Engorde |
| Zn | 60-100 | 40-60 | 22-35 |
| Mn | 80-100 | 70-90 | 10-30 |
| Cu | 10-150 | 5-10 | 6-13 |
| Fe | 20-80 | 20-80 | 46-101 |
| I | 1-2 | 1 | 0,06-0,3 |
| Co | 0,5 | 0,4 | 0,04-0,2 |
| Mo | 1-1,25 | 1-2 | - |
| Se | 0,25-0,3 | 0,2 | - |

Fuente: Taylor-Pickard y Tucker (2005).

También, se obtienen los valores utilizados comercialmente para ponedoras de huevo marrón reportados por Taylor-Pickard y Tucker (2005). Estos niveles de uso de minerales son para gallinas con consumos de 115 g por día.

Cuadro 11. Necesidades minerales de ponedores comerciales de huevo marrón en la etapa postura (mg/ton).

| Mineral | Valor de uso comercial (mg/ton) |
|---------|---------------------------------|
| Mn | 80.000 |
| Zn | 80.000 |
| Fe | 80.000 |
| Cu | 10.000 |
| I | - |
| Se | 300 |
| Co | - |

Fuente: Taylor-Pickard y Tucker (2005).

CAPITULO II. METODOLOGIA

El Proyecto de Graduación se llevó a cabo en el periodo comprendido del 01 de marzo del 2018 hasta el 31 de Julio del 2018. El propósito fue elaborar un manual de niveles de vitaminas y minerales para monogástricos (aves y cerdos) en sus diferentes etapas fisiológicas. Para ello, se hizo una recopilación de información sobre los niveles vitamínicos y minerales que se utilizan en diferentes granjas de los clientes de la empresa Faryvet S.A., en Costa Rica. A partir de la información obtenida, se calculó el promedio, el cual se utilizó como referencia de los niveles vitamínicos y minerales utilizados en el país.

Se tomaron en cuenta 6 fórmulas de aves reproductoras en fase de inicio, pre-postura, desarrollo y postura mientras que para las ponedoras se tomaron en cuenta 3 fórmulas de pre-inicio, 5 de inicio, 9 de desarrollo y 24 de postura comercial que se utilizaban rutinariamente en la planta. Para los pollos de engorde, se utilizó 1 fórmula de pre-inicio, 5 fórmulas de inicio, 4 de crecimiento y 9 de engorde. En el caso de los cerdos, se utilizó 1 fórmula de pre-inicio, 4 fórmulas de inicio, 10 de crecimiento, 9 de engorde, 5 de cerdas remplazo, 5 de cerdas en gestación, 3 en lactancia y 1 verraco. En cada etapa, las fórmulas eran utilizadas por una sola granja.

Posteriormente, se realizó revisión bibliográfica sobre los niveles de vitaminas y micro minerales recomendados por diferentes fuentes. Las casas genéticas que se consultaron se eligieron debido a que son las líneas genéticas más utilizadas en el país.

De igual forma, se obtuvo el promedio de los requerimientos nutricionales indicados por las fuentes bibliográficas, de cada una de las vitaminas y minerales, para facilitar la comparación de los valores. Sin embargo, a la hora de hacer las recomendaciones también se toman como referencia los rangos de cada micronutriente, no sólo los promedios.

Por último, se calculan los porcentajes de diferencia entre los promedios de los niveles referenciales de las granjas y se comparan con los valores recomendados por cada una de las fuentes bibliográficas. Dicha información se realiza en hojas de Excel con el fin de interpretación de datos, donde se observa con mayor claridad la diferencia entre el uso de los nutrientes en las granjas de referencia en comparación a los requerimientos reportados por los diferentes autores de las referencias bibliográficas. Con dicha información, se facilita

la toma de decisiones sobre el valor recomendado en el proyecto de cada vitamina y mineral en cada etapa fisiológica para todas las clasificaciones de aves de corral y cerdos.

Para complementar, se hizo una comparación económica de los niveles propuestos por las diferentes fuentes consultadas para evidenciar si los niveles recomendados superan los promedios de los niveles referenciales de granja. De esta forma, le permite a la empresa tomar decisiones con base en costos para decidir si se implementan los niveles propuestos y si les favorece el sistema de mezclas en bloque. Es importante recalcar que dichos costos se basan en inclusiones de 1 kg/ton y que incluyen solamente los costos de los ingredientes, no los costos de operación.

Finalmente, se elaboró un manual para el uso de los niveles prácticos de vitaminas y minerales en cerdos, aves de postura, pollos de engorde y reproductoras de las premezclas de la empresa. En ciertos casos, se utiliza una fórmula nutricional como base y se suma o se resta la cantidad de ingredientes en porcentajes. Esto quiere decir que a pesar de que es la misma fórmula, va a aumentar la cantidad de los ingredientes al modificar la dosis de inclusión de la premezcla en el alimento total.

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSION

A partir de la recopilación de información de los niveles utilizados en las granjas de los clientes de la empresa, se calculó un promedio para cada uno de los micronutrientes para ambas especies en sus diferentes objetivos productivos, lo cual se observa en la primera columna de los Cuadros 12 a 17.

Posterior a consultar referencias bibliográficas, se calculó el promedio de ellas para facilitar la comparación de los promedios de los niveles referenciales de las granjas a las que atiende la empresa, lo cual se puede observar en los Cuadros 12 a 17 en la segunda columna.

Con base en criterios como las líneas genéticas más utilizadas en el país, las referencias bibliográficas y sus promedios o rangos y el uso actual promedio de vitaminas y minerales en granjas de referencia en Costa Rica, se establecen los niveles que se recomienda utilizar para la empresa, los cuales se observan en los Cuadros 12 a 17 en la tercera columna.

Por último, se calcula el costo de cada una de las fórmulas de los promedios de las granjas de los clientes de la empresa, del reporte de niveles de cada referencia bibliográfica y de las recomendaciones propuestas en el trabajo. Esto se observa en los Cuadros 18 a 22 y se enumeran según su costo.

A continuación, se presenta y se discute la información generada por especie y su objetivo productivo.

3.1 Reproductoras

Las referencias consultadas para reproductoras livianas y pesadas dividen sus requerimientos en tres etapas: inicio, desarrollo y postura (Cobb-Vantress 2013; Rostagno et al. 2017); mientras que otras dividen los requerimientos de las reproductoras livianas en cuatro etapas: pre-inicio, inicio, desarrollo y postura (Hendrix Genetics s.f.b; Santomá y Mateos 2018).

Sin embargo, en las granjas utilizadas como referencia se manejan solamente dos fórmulas para reproductora liviana, mientras que se mantienen las tres etapas en las reproductoras

pesadas. En el caso de las reproductoras livianas, de las dos fórmulas que se usan, una se destina a las etapas de inicio y desarrollo y la otra a postura.

De las referencias consultadas, sólo Santomá y Mateos (2018) mencionan los requerimientos de las reproductoras livianas en la fase de pre-inicio. También, se observa como Rostagno et al. (2017) presentan los requerimientos de las reproductoras livianas y pesadas en conjunto. Por otro lado, las casas genéticas como Cobb-Vantress (2013) y Hendrix Genetics (s.f.b) sí distinguen los requerimientos para el tipo de reproductora que ellos crían. En este trabajo se hacen recomendaciones de uso de los nutrientes en las etapas de inicio, crecimiento y postura.

3.1.1 Vitaminas liposolubles en reproductoras pesadas

Con respecto a las vitaminas liposolubles en reproductoras pesadas, hay variación entre las referencias bibliográficas y los promedios de los niveles referenciales de granja (Cuadro 12) (Cobb-Vantress 2013; Rostagno et al. 2017; Santomá y Mateos 2018).

Al observar los promedios de las referencias bibliográficas y compararlos a los promedios de los niveles referenciales de granja, se observa que son bastante similares en la etapa de inicio (Cuadro 12), donde la vitamina E es la que más varía, siendo 17.100 mg/ton mayor el promedio de las referencias bibliográficas comparado con los promedios de los niveles referenciales de granja. En la etapa de desarrollo, son mayores los niveles utilizados las granjas referenciales que los promedios referenciales, con excepción de la vitamina E, que es menor por 23.050 mg. Por último, en la etapa de postura, el valor de vitamina D es igual en ambos promedios mientras que la vitamina A, E y K se utilizan en mayor cantidad en el las granjas de referencia que lo calculado para las referencias bibliográficas.

En el caso de Rostagno et al. (2017), los requerimientos que se establecen de forma general se diferencian de los promedios de los niveles referenciales de granja en la etapa de inicio al ser mayores en 10% para la vitamina A y en 2% para la vitamina D. Sin embargo, son mayores los promedios de las granjas por 43% y 19% para las vitaminas E y K, respectivamente. Por el contrario, en comparación a Cobb-Vantress (2013), los valores no varían, con excepción de la vitamina A que es mayor a los de las granjas en un 9% (Cuadro 12).

En la etapa de crecimiento, se observa un patrón similar, donde los niveles referenciales de granja son iguales a los de Cobb-Vantress (2013) para vitamina A y D. Sin embargo, son mayores los requerimientos de vitamina E (60%) y K (17%) reportados por Cobb-Vantress (2013) que los de las granjas. Rostagno et al. (2017) también reporta requerimientos para vitamina E 45% mayores comparados a los promedios de las granjas, pero los promedios de las granjas son mayores para las vitaminas A (4%), D (20%) y K (23%) (Cuadro 12).

Finalmente, en la etapa de postura de la reproductora pesada, a excepción de la vitamina D, que es igual al promedio de las granjas, todos los requerimientos de las vitaminas liposolubles indicados por Rostagno et al. (2017) son menores al promedio de las granjas; donde hay una diferencia de 15% para vitamina A, 33% para vitamina E y 50% para la vitamina K. Por el contrario, sólo la vitamina A reportada por Cobb-Vantress (2013) es menor al promedio de las granjas referenciales por 8%. Mientras, la vitamina D y K son iguales al promedio de las granjas y la vitamina E sobrepasa en un 25% (Cuadro 12).

Con respecto a las recomendaciones en la etapa de inicio, los valores promedio de las referencias bibliográficas son cercanos a los promedios de los niveles referenciales de las granjas (Cuadro 12). Las vitaminas con mayor variación son la vitamina K en la etapa de inicio (17.100 mg/ton), la vitamina E en la etapa de desarrollo (23.050 mg/ton) y las vitaminas A (1.500.000 UI) y K (1.500 mg/ton) en la etapa de postura.

Los valores que menos varían con respecto al promedio de las granjas son los de Cobb-Vantress (2013). Ante ello, las recomendaciones se apegan más a dichos requerimientos y menos a los de Rostagno et al. (2017), ya que estos autores combinan los requerimientos de ambos tipos de reproductoras.

Los niveles de vitaminas liposolubles utilizados en Costa Rica son diferentes en las etapas de inicio y desarrollo, pero Cobb-Vantress (2013) no los varía entre dichas etapas, con excepción de la vitamina E. Por esta razón, se podrían mantener los niveles para ambas etapas.

Cuadro 12. Valores promedio de micronutrientes utilizados en granjas referenciales y de las fuentes bibliográficas y los niveles recomendados a utilizar para reproductoras pesadas (UI o mg/ton).

| Nutriente | Promedio de granjas | | | Promedio de referencias bibliográficas | | | Niveles recomendados | | | |
|---------------------------|---------------------|------------|------------|--|------------|------------|----------------------|------------|------------|------------|
| | Etapa | Inicio | Desarrollo | Postura | Inicio | Desarrollo | Postura | Inicio | Desarrollo | Postura |
| Vitaminas (UI/ton) | | | | | | | | | | |
| A | | 11.000.000 | 10.000.000 | 13.000.000 | 11.108.000 | 9.818.500 | 11.500.000 | 11.000.000 | 9.900.000 | 12.100.000 |
| D | | 3.000.000 | 3.000.000 | 3.000.000 | 3.027.000 | 2.704.500 | 3.000.000 | 3.000.000 | 2.700.000 | 3.300.000 |
| E | | 80.000 | 20.000 | 75.000 | 62.900 | 43.050 | 60.000 | 55.000 | 49.500 | 60.500 |
| K | | 3.000 | 2.500 | 6.000 | 2.720 | 2.465 | 4.500 | 3.500 | 3.150 | 3.850 |
| B1 | | 2.000 | 1.700 | 3.000 | 2.640 | 2.295 | 2.467 | 2.240 | 1.960 | 2.800 |
| B2 | | 6.000 | 5.500 | 14.000 | 8.085 | 6.720 | 10.333 | 8.000 | 7.000 | 10.000 |
| B3 | | 30.000 | 28.000 | 40.000 | 44.800 | 37.100 | 33.333 | 40.000 | 35.000 | 50.000 |
| B5 | | 10.000 | 6.600 | 25.000 | 14.210 | 11.475 | 17.333 | 16.000 | 14.000 | 20.000 |
| B6 | | 3.000 | 3.300 | 6.000 | 3.790 | 3.307 | 3.900 | 3.600 | 3.150 | 4.500 |
| B9 | | 1.500 | 600 | 4.000 | 1.323 | 952 | 2.033 | 1.200 | 1.050 | 1.500 |
| B12 | | 25 | 20 | 40 | 20 | 18 | 27 | 20 | 18 | 25 |
| Biotina | | 300 | 100 | 380 | 183 | 170 | 173 | 200 | 175 | 250 |
| C | | 250.000 | - | 500.000 | 25.000 | 25.000 | 50.000 | 40.000 | 35.000 | 50.000 |
| Minerales (mg/ton) | | | | | | | | | | |
| Mn | | 50.000 | 88.000 | 60.000 | 103.405 | 92.130 | 103.707 | 100.000 | 100.000 | 100.000 |
| Zn | | 50.000 | 88.000 | 55.000 | 99.630 | 99.150 | 94.656 | 100.000 | 100.000 | 100.000 |
| Fe | | 35.000 | 55.000 | - | 62.875 | 54.875 | 52.233 | 50.000 | 50.000 | 50.000 |
| Cu | | 8.000 | 5.500 | 8.000 | 15.060 | 13.460 | 12.770 | 15.000 | 15.000 | 15.000 |
| Yodo | | 1.500 | 1.700 | 3.000 | 1.285 | 670 | 1.337 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Se | | 300 | 300 | 300 | 378 | 330 | 360 | 300 | 300 | 300 |

De igual forma, como se observa que los requerimientos de todas las etapas de las reproductoras pesadas son similares, se plantea la posibilidad de utilizar una misma fórmula para las diferentes etapas y variar las dosis a utilizar de esta fórmula según la etapa. Es decir, que los niveles a establecer para reproductoras pesadas para vitaminas liposolubles van a ser los mencionados para la etapa de inicio en el Cuadro 12. A partir de ella, para la etapa de desarrollo se disminuye la dosis a utilizar en un 10% (siendo un 90% del total) de lo que fue establecido para la etapa de inicio. En el caso de la postura, sucede lo contrario, donde se aumentan los valores a utilizar al aumentar la dosis de la fórmula en un 10% (siendo un 110% en total). Por esta razón, los niveles no son exactos a los requerimientos reportados por las referencias bibliográficas ni tampoco a los promedios de los niveles referenciales de las granjas, sino, que se ajustan para que se pueda adaptar una misma fórmula y a la vez que se cumplan los requerimientos establecidos por las referencias bibliográficas.

En referencia a la vitamina E, el valor definido es menor a lo reportado por Cobb-Vantress (2013) para la etapa de inicio y postura. Sin embargo, se mantiene elevado a los requerimientos reportados por Rostagno et al. (2017) por 17% en ambas etapas.

Finalmente, en el caso de la vitamina K, se considera la posibilidad de establecer el nivel base en 3000 mg/ton, donde se satisfacen los requerimientos de Cobb-Vantress (2013) en la etapa de inicio y los de Rostagno et al. (2017) en las etapas de desarrollo y postura. Sin embargo, en la etapa de postura, dicho valor quedaría en el límite inferior de las recomendaciones de Rostagno et al. (2017) y 45% por debajo de las de Cobb-Vantress (2012), por lo que se decide recomendar los niveles indicados en el Cuadro 12. Por ende, al hacer la modificación en bloque, los niveles para crecimiento son acorde a los reportados por Cobb-Vantress (2013), mientras que los de inicio son más elevados y los de postura sobrepasan los de Rostagno et al. (2017) y disminuye la brecha con lo recomendado por Cobb-Vantress (2013).

3.1.2 Vitaminas hidrosolubles en reproductoras pesadas

En general, los promedios de las referencias bibliográficas son mayores a los promedios de los niveles referenciales de granja, en relación a las vitaminas hidrosolubles en reproductoras pesadas. Las excepciones en las que el uso es mayor con respecto a las

granjas referenciales son la vitamina B12 (5 mg/ton) y la biotina (117 mg/ton) en la etapa de inicio. En la etapa de desarrollo, la única excepción es la vitamina B12, la cual es menor con respecto al promedio de las referencias consultadas por 2 mg/ton. En la etapa de postura, los valores de referencia de las granjas son mayores o iguales a los promedios de las referencias bibliográficas.

Se observa que las recomendaciones referenciales tienden a ser mayores a los promedios de las granjas referenciales en las etapas de inicio y crecimiento, con excepción de la vitamina B9 reportada en la etapa de inicio y las vitaminas B12 y biotina en las etapas de inicio y crecimiento reportadas por Rostagno et al. (2017); también, de la vitamina B12 en las etapas de inicio y crecimiento y la biotina reportada para inicio por Cobb-Vantress (2013) (Cuadro 12).

Como se observa en el Cuadro 12, en las granjas referenciales de Costa Rica se utiliza vitamina C en reproductoras pesadas en la fase de inicio y postura, pero no en desarrollo. En este caso, Rostagno et al. (2017) no presenta requerimientos en ninguna de las etapas, pero Cobb-Vantress (2013) si lo hace en las etapas de inicio y postura; en el cual, varía por debajo del promedio en un 90% en ambas etapas.

En relación a las recomendaciones de los niveles a utilizar de vitaminas hidrosolubles en reproductoras pesadas, debido a la similitud del uso de los niveles de vitaminas hidrosolubles en las granjas con los requerimientos establecidos por Cobb-Vantress (2013), se busca mantener una línea similar a estos. Cabe mencionar que, debido a que la mayoría de los niveles reportados por Rostagno et al. (2017) son inferiores al promedio de los niveles referenciales de granja, también, se evita utilizar dicha referencia para no comprometer los rendimientos productivos de los animales.

Al igual que para las vitaminas liposolubles, se observa que los valores presentados por las referencias para las diferentes etapas fisiológicas se asemejan. Por esta razón, se decide utilizar una sola mezcla, variando las dosis de inclusión para cada etapa. Ante ello, se recomienda utilizar los niveles mostrados en el Cuadro 12.

Los niveles recomendados no se ajustan precisamente al número promedio o al requerimiento establecido por Cobb-Vantress (2013) o Rostagno et al. (2017), se deciden

con base en satisfacer las necesidades pudiendo utilizar una sola mezcla para las tres etapas. Por esta razón, en algunos casos los niveles son superiores a los reportados por las fuentes bibliográficas.

Para las vitaminas hidrosolubles, la mezcla base, a partir de donde se aumenta o se disminuye la dosis, es la de postura (100%). Posteriormente, la etapa de inicio va a presentar un 80% de ella y la de crecimiento un 70%.

En el caso de la vitamina B1, se observa cómo difieren los valores reportados por Cobb-Vantress (2013), Rostagno et al. (2017) y Santomá y Mateos (2018). Sin embargo, si se toman los valores reportados por Cobb-Vantress (2013) para la fase de postura, al reducir el porcentaje, los valores de inicio y crecimiento quedaría hasta 17% más altos en relación a lo que se reporta que se debería de utilizar según las referencias bibliográficas. Ante ello, se utiliza el requerimiento reportado por Rostagno et al. (2017), ya que el indicado por Santomá y Mateos (2018) es aún menor. De esta forma, en el caso de inicio y crecimiento los valores quedan cercanos al promedio de las granjas, pero, se disminuye el utilizado en postura, que está sobre el promedio de las referencias bibliográficas (Cuadro 12).

Para la vitamina B2, los valores que se recomiendan están más relacionados al valor promedio de las referencias consultadas. Esto, por la gran variabilidad de las referencias. Al establecer el valor en 10.000 mg/ton, permite reducir el porcentaje de la mezcla respetando el valor de inicio y crecimiento. Además, ajusta los valores utilizados en las granjas referenciales, ya que para las etapas de inicio y crecimiento están por debajo de los requerimientos reportados por Cobb-Vantress (2013) y Rostagno et al. (2017) y para la etapa de postura está por encima del promedio de las fuentes en un 26%.

Continuando con la vitamina B3, se eleva el número a utilizar en postura en un 20% con respecto a lo reportado por Cobb-Vantress (2013) con el fin de garantizar los requerimientos para las etapas de inicio y crecimiento. Por otro lado, en el caso de la vitamina B4, B6, B9 y Biotina, se aplican valores similares a los promedios de las referencias, procurando mantener números enteros para facilitar la manipulación en la planta.

Por último, en relación a la vitamina C, sólo se muestran los requerimientos por Cobb-Vantress (2013). Por ello, se buscan las recomendaciones de Aviagen (2017) para aves

reproductoras con el fin de ampliar los datos a consultar, pero tampoco indican un requerimiento de vitamina C. Al comparar los niveles de la vitamina utilizados en las granjas referenciales, se observa que son mucho mayores a los reportados por Cobb-Vantress (2013). Ante esto, se reducen los niveles utilizados a los reportados por dicha casa comercial.

3.1.3 Microminerales en reproductoras pesadas

Al comparar los promedios obtenidos de las granjas de los clientes y las referencias bibliográficas consultadas, se observa que, en todas las etapas, los promedios de las consultas bibliográficas son mayores para el Mn, Zn, Cu y Se. Igual sucede con el Fe, aunque la etapa de desarrollo es una excepción. En el caso del I, los valores utilizados en las granjas referenciales son mayores.

En reproductoras pesadas, los niveles de microminerales reportados por Rostagno et al. (2017) y Cobb-Vantress (2013) tienden a estar por encima del valor promedio de las granjas referenciales. Inclusive, en el caso del Cu, todos los valores superan el promedio de las granjas en un rango de 44 a 63%. A pesar de que algunas referencias bibliográficas reportan los requerimientos de minerales orgánicos, en este caso se comparan como un total de minerales inorgánicos y orgánicos (Cuadro 12).

El Mn reportado por Rostagno et. al (2013) se encuentra por encima del promedio de los niveles referenciales de granja (4%) en la etapa de crecimiento, mas no en las otras etapas. De lo contrario, son mayores los valores referenciales en un rango de 12 a 53%. La misma situación se observa con el Zn donde la diferencia es de un 11% con respecto a Rostagno et al. (2013) mientras que los otros valores varían en un rango de 27 a 50% (Cuadro 12).

En el caso del Fe, la diferencia se observa con respecto a Cobb-Vantress (2013), siendo inferior al promedio de las granjas referenciales en un 9%. Fuera de ello, las referencias superan el valor de las granjas entre 8 y 100%, siendo el mineral que más varía, sobre todo en postura. El mineral que menos varía entre las referencias y el promedio de las granjas es el Se que es igual a los valores reportados por Cobb-Vantress (2013) en todas las etapas. Pero, Rostagno et al. (2017) sigue estando por encima del valor de las granjas (Cuadro 12).

Por último, el nivel de I utilizado en las granjas de referencia es mayor al que se reporta por Rostagno et al. (2017) en todas las etapas y por Cobb-Vantress (2013) en las etapas de desarrollo y postura, pero es igual al utilizado en inicio (Cuadro 12).

En relación a las recomendaciones de uso de los microminerales para las reproductoras pesadas, se decide utilizar la misma mezcla en las tres etapas de la reproductora pesada sin necesidad de variar el porcentaje de inclusión, aunque, se podría aplicar en caso de querer aumentar o disminuir la cantidad de los minerales. Rostagno et al. (2017) modifican los requerimientos para los diferentes minerales en cada etapa. Sin embargo, Cobb-Vantress (2013) no lo hace. Entre la etapa de inicio y crecimiento, sólo modifica los niveles de Zn y I. Mientras que para la etapa de postura los únicos que no modifica son el Cu y el Se.

Como se había mencionado anteriormente, la mayoría de los niveles utilizados en las granjas son inferiores a los propuestos por las referencias consultadas. Por ende, se pueden ajustar al menor requerimiento reportado por Rostagno et al. (2017), Cobb-Vantress (2013) o Santomá y Mateos (2018) que respete el requerimiento de cada etapa, que son los valores que se muestran en el Cuadro 12.

Con respecto al uso de minerales orgánicos, sólo Rostagno et al. (2017) muestran los requerimientos de ellos. Por ende, se recomienda utilizar estos valores. Los valores mostrados en el Cuadro 12 son de minerales totales, es decir, que incluye los reportes de los minerales inorgánicos más los orgánicos. Ante ello, en caso de utilizar los minerales orgánicos se debe descontar el valor que se va a utilizar del valor mostrado de minerales totales en lugar de adicionar dicho valor.

3.1.4 Vitaminas liposolubles en reproductoras livianas

En el caso de las reproductoras livianas, se obtiene un promedio de las referencias bibliográficas de la etapa de inicio, la cual no se puede comparar con el promedio de las granjas de referencia debido a que no se tienen los valores (Cuadro 13).

En la etapa de desarrollo y postura, los valores de vitaminas liposolubles que se utilizan en las granjas de referencia son iguales o mayores que los promedios de las referencias consultadas.

También, se observa que los promedios de los niveles referenciales de granja son mayores a los reportados por Rostagno et al. (2017), Hendrix Genetics (s.f.b) y Santomá y Mateos (2018) para las etapas de desarrollo y postura, con excepción de los requerimientos de vitamina D y K reportadas por Rostagno et al. (2017) y los de K reportados por Hendrix Genetics (s.f.b), que son iguales al valor de las granjas (Cuadro 13). No hay promedios de las granjas para las etapas de pre-inicio e inicio por lo que no se mencionan.

Debido a que es notable la diferencia de algunos nutrientes entre las reproductoras pesadas y livianas, se decide recomendar niveles diferentes para cada una, a pesar de que hay fuentes que establecen los mismos requerimientos como uno general para ambas (Rostagno et al. 2017). Sin embargo, al comparar los requerimientos de micronutrientes de las reproductoras livianas con las ponedoras comerciales, se observa que hay bastante similitud. Por ello, las recomendaciones se desarrollan en la sección 3.2.4, ya que se fusionan por la similitud en sus requerimientos.

3.1.5 Vitaminas hidrosolubles en reproductoras livianas

Al igual que para las vitaminas liposolubles, los promedios de las referencias bibliográficas para las vitaminas hidrosolubles varían entre reproductora liviana y pesada (Cuadro 12 y 13). Sin embargo, al observar los promedios de los requerimientos para las ponedoras comerciales se observa que son similares a los de las reproductoras livianas (Cuadro 14). Inclusive, Hendrix Genetics (s.f.b) y Rostagno et al. (2017) mantienen las mismas recomendaciones en las etapas de inicio y desarrollo.

En el caso de las reproductoras livianas, el comportamiento de los requerimientos con respecto al promedio de las granjas varía, ya que estos últimos sobrepasan los requerimientos reportados por las referencias bibliográficas en su mayoría, habiendo un rango de diferencia entre 4 y 73%. Se debe recordar que en este caso las etapas discutidas son sólo desarrollo y postura puesto que no se cuenta con información de referencias de las granjas para la etapa de inicio.

Al comparar los promedios de las granjas con los promedios de las referencias bibliográficas, se observa que las vitaminas B1, B3, B5, B6, B9, B12 y C se utilizan en mayor cantidad en las granjas que lo que se reporta por las referencias consultadas. En el caso de la vitamina B2, se observa el mismo comportamiento para la etapa de desarrollo, no obstante, en la de postura es mayor el promedio de las referencias consultadas.

Cuadro 13. Valores promedio de micronutrientes utilizados en granjas referenciales y de las fuentes bibliográficas y los niveles recomendados a utilizar para reproductoras livianas (UI o mg/ton).

| Nutriente Etapa | Promedio de granjas | | Promedio de referencias bibliográficas | | |
|--------------------|---------------------|------------|--|------------|------------|
| | Desarrollo | Postura | Inicio | Desarrollo | Postura |
| Vitaminas (UI/ton) | | | | | |
| A | 12.500.000 | 12.000.000 | 11.738.667 | 9.818.500 | 10.500.000 |
| D | 2.567.500 | 3.000.000 | 2.918.000 | 2.204.500 | 2.750.000 |
| E | 37.500 | 65.000 | 29.600 | 30.550 | 35.000 |
| K | 3.150 | 3.000 | 2.680 | 2.465 | 3.000 |
| B1 | 2.750 | 4.000 | 2.427 | 2.295 | 2.400 |
| B2 | 6.300 | 7.000 | 6.390 | 5.720 | 6.500 |
| B3 | 55.000 | 50.000 | 44.867 | 39.600 | 37.500 |
| B5 | 12.500 | 15.000 | 13.140 | 12.475 | 13.500 |
| B6 | 5.000 | 6.000 | 4.027 | 4.307 | 4.000 |
| B9 | 1.000 | 1.250 | 832 | 827 | 925 |
| B12 | 25 | 30 | 17 | 13 | 20 |
| Biotina | 175 | 200 | 132 | 95 | 80 |
| C | 200.000 | 250.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 |
| Minerales (mg/ton) | | | | | |
| Mn | 70.000 | 80.000 | 78.937 | 72.130 | 95.000 |
| Zn | 65.000 | 80.000 | 73.087 | 69.150 | 85.000 |
| Fe | 67.500 | 90.000 | 60.250 | 59.875 | 57.500 |
| Cu | 10.000 | 12.000 | 10.373 | 8.960 | 11.500 |
| Yodo | 1.000 | 1.250 | 957 | 920 | 1.500 |
| Se | 300 | 300 | 352 | 305 | 275 |
| Co | 200 | 200 | 250 | 150 | 150 |

En el caso de Rostagno et al. (2017), los requerimientos reportados para las vitaminas hidrosolubles son inferiores a los promedios de las granjas en ambas etapas. Las excepciones son las vitaminas B2 que varía en 140 mg/ton en desarrollo y 1000 mg/ton en postura; y la B5 que varía en 450 mg/ton en desarrollo, pero es igual al promedio de las granjas en postura.

Con respecto a los requerimientos reportados por Hendrix Genetics (s.f.b), ninguno sobrepasa los promedios de las granjas. La vitamina B6 en inicio y la vitamina K en postura igualan los valores de las granjas. Por otra parte, los valores reportados por FEDNA en postura para la vitamina B2 igualan al promedio de las granjas (Santomá y Mateos 2018).

Por último, en referencia a la vitamina C, no se reporta por Rostagno et al. (2013) ni por Santomá y Mateos (2018), pero sí por Hendrix Genetics (s.f.b). Lo indicado por esta referencia es menor al uso en las granjas referenciales en un 50% para la etapa de desarrollo y en un 60% para la etapa de postura.

Con respecto a las recomendaciones, se desarrollan en la sección 3.2.4, ya que se fusionan por la similitud en sus requerimientos con ponedora comercial.

3.1.6 Microminerales en reproductoras livianas

En referencia a los microminerales utilizados en reproductoras livianas, los valores de referencia de las granjas son menores para todas las etapas para el Mn y Zn. También, es menor el I en la etapa de postura y el Se en la etapa de desarrollo. Fuera de ello, son menores los promedios de las referencias bibliográficas en ambas etapas.

Los requerimientos de microminerales recomendados por Santomá y Mateos (2018), Rostagno et al. (2017) y Hendrix Genetics (s.f.b) son variables para reproductoras livianas. En el caso de Isa Brown, los niveles están por debajo de los niveles de las granjas en ambas etapas fisiológicas, con excepción del I, que es igual a este valor. Para la etapa de desarrollo, el rango de diferencia con respecto al valor utilizado en las granjas es de 8 a 40% mientras que para la etapa de postura el rango es de 13 a 33%.

Por el contrario, sólo Fe y I están por debajo del promedio de las granjas según Rostagno et al. (2017). En el caso del Fe en 16% para desarrollo y en 19% para postura. En cuanto a lo reportado por FEDNA, el valor para Zn es igual al de las granjas mientras que Mn y Se están por encima de él en 11 y 14%. Aquellos por debajo del promedio son diferentes en un rango de 20 a 67%. En general, no se observa un patrón de similitud entre los requerimientos reportados con el uso de microminerales en las granjas de referencia.

Con respecto a las recomendaciones, se desarrollan en la sección 3.2.4, ya que se fusionan por la similitud en sus requerimientos con ponedora comercial.

3.2 Ponedora comercial

En el caso de las ponedoras comerciales, las referencias consultadas dividen los requerimientos de las aves en cuatro fases, que son: pre-inicio, inicio, desarrollo y postura (NRC 1994, Hendrix Genetics s.f.a, Lohmann Tierzucht 2013, Hy-Line 2017, Rostagno et al. 2017 y Santomá y Mateos 2018). En las granjas referenciales sólo se utilizan dos etapas que son inicio y postura (Cuadro 14).

Entre los valores que se utilizan como referencia de los requerimientos de las ponedoras comerciales en sus diferentes etapas está el NRC (1994). Sin embargo, debido a que los niveles son más antiguos que las otras referencias y a que se reporta el requerimiento mínimo para evitar deficiencias nutricionales, no se toman en cuenta para obtener los promedios de las fuentes bibliográficas y se consideran el nivel mínimo a recomendar.

La tendencia general de las diferencias entre los promedios de las granjas referenciales y las fuentes bibliográficas es que el promedio de la primera esté por encima de los requerimientos reportados por Rostagno et al. (2017), Lohmann Tierzucht (2013), Hendrix Genetics (s.f.a), Hy-line (2017) y Santomá y Mateos (2018) (Cuadro 14).

3.2.1 Vitaminas liposolubles en ponedoras comerciales

Al comparar los promedios de las referencias bibliográficas con los promedios de los valores referenciales de las granjas, se observa que los niveles de vitaminas liposolubles de las granjas para las etapas de inicio y postura son mayores que el promedio de las referencias bibliográficas. La excepción a ello es la vitamina D en la etapa de postura (Cuadro 14). No se comparan las etapas de pre-inicio ni desarrollo porque no se tienen valores de referencia de las granjas.

Los requerimientos reportados por Rostagno et al. (2017) para gallinas ponedoras comerciales tienden a estar por encima de las otras fuentes en la etapa de inicio, lo cual puede deberse a que se reporta el requerimiento para ambos tipos de reproductora. Sólo la vitamina K es inferior por 22% al promedio de las granjas referenciales.

Por el contrario, en la etapa de inicio, los requerimientos reportados por Santomá y Mateos (2018) son superados por el promedio de uso en las granjas. Similar sucede con Lohmann Tierzucht (2013) donde sólo la vitamina A supera el promedio en apenas un 2% y en los requerimientos de Hendrix Genetics (s.f.a) que reporta valores mayores por un 10% y 3% para la vitamina A y D.

En la etapa de postura, ocurre lo contrario con los valores reportados por Rostagno et al. (2017), ya que todos son inferiores al promedio de las granjas en un rango de 13 a 61%. De igual forma, lo reportado por las otras referencias es menor al promedio de las granjas referenciales. Tienden a superar el promedio de las granjas excepciones como la vitamina A (Hendrix Genetics s.f.a) en 8%, la vitamina D (Hendrix Genetics s.f.b; Hy-Line 2017; Santomá y Mateos 2018) y la vitamina K por 11% (Lohmann Tierzucht 2013).

3.2.2 Vitaminas hidrosolubles en ponedoras comerciales

En las referencias bibliográficas consultadas, no se reportan los requerimientos de vitamina C (Hendrix Genetics s.f.a; Lohmann Tierzucht 2013; Hy-Line 2017; Rostagno et al. 2017; Santomá y Mateos 2018). Sin embargo, el promedio de las granjas referenciales es de 149.705 mg/ton en la etapa de inicio y de 66.000 mg/ton en la etapa de postura (Cuadro 14).

Para las vitaminas del complejo B, se observa que los valores de las granjas son mayores a los promedios de las referencias bibliográficas consultadas, sin excepciones (Cuadro 14). Rostagno et al. (2017), para la etapa de inicio, muestran un comportamiento diferente a la tendencia porque las vitaminas B6, B12 y B8 están por debajo del promedio de las granjas en 6%, 20% y 30%, respectivamente. Para la etapa de postura, sucede lo mismo en un rango de 13% a 52%, con la excepción de la vitamina B5 que está sobre el promedio de las granjas en un 12%.

Sin embargo, al comparar con Lohmann Tierzucht (2013), en la etapa de inicio todos los valores están por debajo del promedio de las granjas en un rango de 2% a 70%. Igual sucede con lo reportado por Santomá y Mateos (2018), con un rango de 33 a 76% en inicio y 25 a 75% en postura. En la etapa de postura, Lohmann Tierzucht (2013) reporta valores menores al promedio de las granjas en un rango de 6% a 60%, con la excepción de la vitamina B12, que se encuentra en un 12% sobre dicho valor.

Con respecto a Hendrix Genetics (s.f.a) en la etapa de inicio, las vitaminas B3, B5, B6 y B8 están por encima del valor de las granjas en 20%, 10%, 2% y 18%, respectivamente. Sin embargo, fuera de ello, las demás están por debajo en un rango de 20 a 26%. Similar sucede en la etapa de postura, donde sólo las vitaminas B6 y B8 están por encima en 13 y 37%, mientras que las demás se encuentran por debajo en un rango de 1 a 38% (Cuadro 14).

Por último, en relación a Hy-Line (2017), sólo hay reporte de requerimientos para la etapa de postura, donde la vitamina B2 es igual al promedio de las granjas y las vitaminas B1 y B12 se encuentran por encima por 8 y 4%. Las vitaminas restantes se encuentran por debajo a dicho valor en un rango de 8 a 40% (Cuadro 14).

3.2.3 Microminerales en ponedoras comerciales

Al igual que para las vitaminas, los niveles de minerales utilizados en las granjas de referencia tienden a ser mayores a los promedios de las referencias consultadas. Sin embargo, hay una excepción en la etapa de inicio, que es el Mn, el cual es mayor en las referencias consultadas por 1.483 mg/ton. En la etapa de postura, las excepciones son el Mn y el Zn, que son mayores al promedio de las granjas de referencia por 10.298 y 450 mg/ton (Cuadro 14).

De las referencias consultadas, Hendrix Genetics (s.f.a) reporta el uso de Co en ambas etapas, pero son mayores al uso de las granjas en 397 mg/ton para la etapa de inicio y 488 mg/ton, ya que el promedio de las granjas es de 103 mg/ton para inicio y 128 mg/ton para postura.

Los valores de Fe reportados por Hendrix Genetics (s.f.a) y Rostagno et al. (2017), están sobre el promedio de las granjas referenciales en un rango de 5 a 35% en la etapa de inicio mientras que Lohmann Tierzucht (2013) y Santomá y Mateos (2018) son inferiores en 56 y 28%. En la etapa de postura, Taylor-Pickard y Tucker (2005) muestran que el Fe utilizado comercialmente en gallinas de huevo marrón está por encima del promedio de las granjas en 22%. Fuera de ello, los valores de Fe de los valores de las referencias bibliográficas están por debajo del uso de referencia de las granjas en un rango de 4 a 60% (Cuadro 14).

Para el Mn, las referencias bibliográficas que sobrepasan el promedio de las granjas en la etapa de inicio son Lohmann Tierzucht (2013) y Rostagno et al. (2017) con una diferencia de 24 y 19%, respectivamente. En la etapa de postura, todas las referencias consultadas superan el promedio del nivel referencial de las granjas en un rango de 5 a 25%; la excepción a ello es lo reportado por Hendrix Genetics (s.f.b) por 21%.

Continuando con el Zn, en la etapa de inicio todos los valores de las referencias bibliográficas consultadas, excepto lo reportado por Rostagno et al. (2017), son menores al uso en promedio de las granjas referenciales en un rango de 23 a 29%. Lo contrario sucede en la etapa de postura, donde las excepciones son Hendrix Genetics (s.f.a) y Lohmann Tierzucht (2013), que son menores en 18%.

De todas las referencias consultadas, sólo Rostagno et al. (2017) supera el promedio de las granjas referenciales para el Cu por 18%. Similar sucede con el I, donde la única excepción es lo reportado por Hy-Line (2017), que es mayor en 10%.

Por último, hay dos casos en la etapa de inicio y tres en la etapa de postura donde los niveles del Se superan el uso en granjas. En inicio, a excepción de lo reportado por Rostagno et al. (2017) y Santomá y Mateos (2018), el porcentaje en que son menores los requerimientos reportados es de 33%. En postura, a excepción de lo reportado por Taylor-Pickard y Tucker (2005), Rostagno et al. (2017) y Santomá y Mateos (2018), el rango en que son menores los requerimientos reportados es de 5 a 28%.

3.2.4 Recomendaciones que aplican para reproductoras livianas y ponedoras comerciales

Como se comenta anteriormente, no se hacen recomendaciones para las reproductoras livianas en su sección debido a que se unen a las de ponedoras comerciales. A continuación, se van a desarrollar las recomendaciones tanto de ponedoras comerciales como de reproductoras livianas.

En general, la cantidad de valores referenciales accesibles de las ponedoras comerciales son más amplios que los de reproductoras debido a la cantidad de referencias. Sin embargo, después de analizar los requerimientos propuestos por las diferentes fuentes referenciales se observa que no hay mucha variación en los requerimientos de ambos tipos de aves. Inclusive, Santomá y Mateos (2018), Rostagno et al. (2017) y Hendrix Genetics (s.f.b) mantienen los mismos niveles para reproductoras y ponedoras comerciales. Por esta razón, se decide utilizar una misma mezcla para emplear en reproductoras livianas y ponedoras comerciales.

Iniciando por las recomendaciones de las vitaminas liposolubles, los valores promedio utilizados en los promedios de granjas para vitaminas liposolubles utilizados en reproductoras livianas son mayores a los recomendados por las fuentes referenciales (Cuadro 13). Un comportamiento similar sucede con las ponedoras comerciales (Cuadro 14). Ante ello, se puede considerar la posibilidad de reducirlos a los recomendados por las fuentes bibliográficas con el fin de reducir los costos.

Posterior a analizar los valores de las reproductoras livianas y las ponedoras comerciales, se deciden los valores presentados en los Cuadros 13 y 14. En general, se determinan los valores a recomendar tomando en cuenta el promedio de las referencias y el requerimiento mínimo propuesto por las diferentes fuentes bibliográficas para ambas líneas de aves. A continuación, se discute de forma más precisa el por qué se eligieron dichos valores.

Iniciando por la etapa de inicio, con respecto a la vitamina A, se observa en los Cuadros 13 y 14 cómo los promedios de las referencias son muy similares para ambos tipos de aves. Ante ello, se elige un valor intermedio y entero para facilitar el manejo de la mezcla en la

planta. Inclusive, este valor se mantiene alto en relación a los valores que presentan Santomá y Mateos (2018).

Adicionalmente, la vitamina D presenta más homogeneidad entre los criterios de los autores. Se decide el valor basándose en el promedio de las referencias de reproductoras pesadas, que es más alto que el de las ponedoras comerciales. Por otro lado, para la vitamina E se toma el valor basándose en los promedios de ambos tipos de aves.

Finalmente, para la vitamina K, el valor respeta el requerimiento mínimo de las reproductoras livianas, que es el presentado por Rostagno et al. (2017). Esto, debido a que el valor promedio de las referencias para la ponedora comercial en la etapa de inicio es menor y se evita aumentar el costo de la fórmula.

Para la etapa de desarrollo y postura, se utiliza la misma mezcla de vitaminas liposolubles que para la etapa de inicio. En el caso de la etapa de desarrollo, la inclusión va a ser de 90%, mientras que para la etapa de postura se utiliza un 100%. Con estos porcentajes se respetan los rangos de las referencias para las reproductoras livianas y para las ponedoras en ambas etapas.

Continuando con las recomendaciones para las vitaminas hidrosolubles, en este caso, los valores entre inicio y desarrollo varían. Por ende, no se puede utilizar una misma mezcla de base y modificar su inclusión. Sin embargo, sí se puede utilizar una misma mezcla para desarrollo y postura, donde se establece como base la mezcla de desarrollo (100%) y se utiliza en postura un 90% de ella (Cuadro 14). Se manejan las recomendaciones de vitaminas hidrosolubles y liposolubles por aparte debido que se manejan en tolvas separadas en la planta. Sin embargo, la entrega al cliente es una sola mezcla que también incluye los minerales y aditivos.

Empezando por la vitamina B1, se elige el valor respetando el promedio de las referencias para las reproductoras livianas, que son más altos. A continuación, se eligen valores cercanos a ambos promedios de las referencias para las vitaminas B2 y B6.

En el caso de la vitamina B3, el valor que se propone es alto para la ponedora comercial. Sin embargo, se debe ajustar al requerimiento de las reproductoras livianas. Por el

contrario, para la vitamina B5, el valor es menor al promedio de las referencias para reproductora liviana, pero de lo contrario sería muy alto para ponedora comercial.

Por último, la vitamina C se recomienda en base a lo recomendado por Hendrix Genetics (s.f.b). Además de esta vitamina, también el ácido fólico, la vitamina B12 y la biotina se eligen manteniendo un rango razonable entre ambos tipos de aves. De igual forma, cuando se reduce la inclusión para la etapa de postura, se analiza que queden los valores dentro de rangos que sean permisibles para ambos tipos de aves.

Cuando se comparan los valores promedio de uso en las granjas referenciales para la etapa de postura con los niveles vitamínicos que se utilizan en ponedoras en España, según Villamide y Fraga (1999), se observa que son mucho mayores los primeros. Esto quiere decir, que a pesar de que en las recomendaciones se están reduciendo los niveles de vitaminas, siguen estando dentro de los niveles utilizados de forma comercial en otras latitudes.

En seguida, se discuten los niveles a recomendar de microminerales para ponedoras comerciales y reproductoras livianas. Es importante considerar el uso de minerales orgánicos, ya que, dentro de las fórmulas consultadas para calcular el promedio de las granjas de referencia, había unidades de producción que los incluían. Entre los valores de minerales orgánicos que se pueden consultar están los de Rostagno et al. (2017) y los de Taylor-Pickard y Tucker (2005). En caso de ser usados, se deben restar de los valores propuestos en el trabajo, ya que son la suma de los minerales orgánicos e inorgánicos. Es importante tomar en cuenta que el uso de minerales orgánicos puede aumentar el costo de las fórmulas.

Los valores de microminerales reportados por varias de las fuentes consultadas son los mismos para ambos tipos de aves en las etapas de inicio y desarrollo, por lo que se recomienda una misma mezcla para ambas. Debido a que los niveles de ponedora son más amplios, se utilizan como base los niveles de las reproductoras livianas y a partir de ellos se toman decisiones sobre las inclusiones. En este caso, se recomienda variar los porcentajes de las mezclas para ajustarlos a la etapa, siendo el 100% la etapa de inicio y el 95% la etapa de desarrollo, como se observa en el Cuadro 14.

En este caso, los valores establecidos para la etapa de inicio para Mn, Zn, y Fe son cercanos al promedio de referencias de reproductoras livianas. Esto, porque debido a que los valores referenciales para ponedora son más flexibles, permite ajustarse más a los requerimientos de las ponedoras comerciales. Por otro lado, el valor de Cu es más cercano a ambos promedios. Pero, los valores de I y Se son un poco más altos a los promedios referenciales, pero se ajustan más al valor que se utiliza actualmente en las granjas. Finalmente, se utiliza el valor de Co establecido por Hendrix Genetics (s.f.b) (500 mg/ton). En la etapa de desarrollo este se reduce un poco. Sin embargo, dicho nivel es 74% mayor al uso actual en las granjas referenciales, por lo que, de igual manera, se está mejorando el nivel a utilizar.

Al reducir la inclusión en la etapa de desarrollo, el Mn, Zn y Fe se mantienen cercanos al promedio de referencias de reproductoras livianas. En el caso del Mn es un poco bajo en relación al promedio de referencias de las ponedoras comerciales. Pero, con respecto al Zn y el Fe sucede lo contrario, donde es un poco más alto al promedio de las referencias bibliográficas de las ponedoras comerciales mas se mantiene dentro del rango. En el caso del Cu y el ácido fólico, se mantienen cercano a ambos promedios. El Se, por otra parte, se ubica entre ambos promedios referenciales.

Por último, para la etapa de postura, además de los valores referenciales de las fuentes ya mencionadas, se tiene como referencia el valor para huevo marrón comercial (Taylor-Pickard y Tucker 2005). En relación a estos valores, cuando se comparan a los promedios de las referencias consultadas de ponedoras comerciales, mostrados en el Cuadro 14, son similares en la mayoría de los casos, aunque los promedios de las granjas referenciales son menores a ellos.

En este caso, no se puede utilizar la misma mezcla como en las etapas anteriores. Esto, principalmente porque el valor del Co varía en 200% con respecto al requerimiento de las etapas anteriores. Ante ello, se proponen los valores mostrados en el Cuadro 14, donde el Mn es un valor cercano a ambos promedios de las referencias bibliográficas mientras que los demás están en medio de ambos tipos de aves. Por último, se establece el Co en 200 mg/ton como lo indica Hendrix Genetics (s.f.b), aumentando el promedio de las granjas de referencia en un 36%.

3.3 Pollos de Engorde

Según los valores referenciales, se deben considerar cuatro etapas fisiológicas para los requerimientos de vitaminas y minerales en pollos. Estas etapas son pre-inicio, inicio, crecimiento y engorde (NRC 1994; Hubbard 2007; Aviagen 2017; Rostagno et al. 2017; Cobb-Vantress 2018; Santomá y Mateos 2018).

Sin embargo, ni en España, Estados Unidos o Costa Rica se utilizan premezclas independientes para pollos en la etapa de pre-inicio, sino, que se empieza con la premezcla de inicio (Cuadro 15) (Villamide y Fraga 1999). Por ello, no se hace una recomendación para la fase de pre-inicio. En caso de que por solicitud de un cliente se requiera hacer una fórmula de pre-inicio, se puede utilizar como base una de las mezclas propuestas variando el porcentaje de inclusión. Por ejemplo, se podría utilizar la mezcla de inicio propuesta para ponedoras comerciales o la etapa de inicio propuesta para pollos.

3.3.1 Vitaminas liposolubles en pollos

Los requerimientos de vitaminas liposolubles para pollos varían en las diferentes etapas fisiológicas. No obstante, en el caso de los requerimientos reportados por Cobb-Vantress (2018), los valores se mantienen iguales en todas las etapas. Igual sucede para Hubbard (2007) para las vitaminas E y K.

Al comparar los niveles de vitaminas liposolubles utilizados en las granjas referenciales con respecto a los valores de referencia bibliográficos se observa que en las granjas se acostumbra utilizar niveles altos. Inclusive, se observa cómo en EE. UU y España los valores son muy inferiores a los promedios de los niveles referenciales de granja (Barroeta et. al 2002).

En general, los requerimientos reportados por Rostagno et al. (2017) para las vitaminas liposolubles están por debajo del promedio de las granjas referenciales, con excepción de la vitamina E en la etapa de engorde, que están por encima por 2%. Lo mismo ocurre para lo reportado por FEDNA, donde ningún valor es mayor al promedio de las granjas (Santomá y Mateos 2018) (Cuadro 15).

Para Hubbard (2007), Aviagen (2017) y Cobb-Vantress (2018), en algunos casos, los valores son mayores que el promedio de las granjas referenciales. No obstante, para la vitamina A tienden a ser menores al promedio de las granjas, con excepción de los reportados por Hubbard (2007) y Cobb-Vantress (2018) para la etapa de engorde, que son iguales a dicho valor. Además, sucede lo mismo con la vitamina K en la etapa de inicio, donde ninguna de las tres referencias supera al promedio de las granjas.

En general, la vitamina que se usa en menor cantidad de lo que estipulan las referencias es la vitamina E, ya que Hubbard (2007), Aviagen (2017) y Cobb-Vantress (2018), tienen valores mayores en un rango de 3 a 40% para la etapa de inicio, de 5 a 27% en la etapa de crecimiento y de 42 a 56% en engorde. Para la etapa de engorde, Rostagno et al. (2017) también recomiendan un valor mayor en un 2%.

Otra vitamina que tiende a superar el valor de uso en Costa Rica es la vitamina D. En este caso, Aviagen (2017) y Cobb-Vantress (2018) presentan un valor superior en 9% para la etapa de inicio, de 22 a 30% en la etapa de crecimiento y de 22 a 38% en el engorde.

Por último, la vitamina K sobrepasa el valor de las granjas en 8% según Aviagen (2017) y Cobb-Vantress (2018) para la etapa de crecimiento; mientras que lo hace por 20% en la etapa de engorde, según Cobb-Vantress (2018).

Ante este panorama, se observan los valores promedio calculados para las referencias bibliográficas y se realiza la comparación con el promedio de las granjas de nuevo. Se observa de esta forma, que los valores de referencia de las granjas están por encima del promedio de las referencias bibliográficas; se denota que el uso a nivel de las granjas está elevado en relación a lo reportado por las fuentes bibliográficas. La excepción de esto es la vitamina E en crecimiento y engorde.

Como solución, se busca, a través de las recomendaciones, ajustar el promedio de las granjas a los requerimientos reportados por las diferentes fuentes bibliográficas. Así, disminuyendo los que están muy altos y aumentando la vitamina E en las etapas de crecimiento y engorde.

Cuadro 15. Valores promedio de micronutrientes utilizados en granjas referenciales de Costa Rica y de las fuentes bibliográficas y los niveles recomendados a utilizar para pollos de engorde (UI o mg/ton).

| Nutriente | Promedio de granja | | | Promedio de las fuentes bibliográficas | | | Niveles recomendados | | |
|--------------------|--------------------|-------------|------------|--|-------------|-----------|----------------------|-------------|-----------|
| | Inicio | Crecimiento | Engorde | Inicio | Crecimiento | Engorde | Inicio | Crecimiento | Engorde |
| Vitaminas (UI/ton) | | | | | | | | | |
| A | 13.400.000 | 12.875.000 | 10.000.000 | 11.643.200 | 10.227.400 | 8.774.600 | 11.500.000 | 10.350.000 | 9.200.000 |
| D | 4.540.000 | 3.500.000 | 3.111.111 | 3.810.800 | 3.481.800 | 3.093.600 | 3.800.000 | 3.420.000 | 3.040.000 |
| E | 78.000 | 47.500 | 28.889 | 72.160 | 48.220 | 43.900 | 55.000 | 49.500 | 44.000 |
| K | 3.400 | 2.750 | 2.389 | 2.628 | 2.426 | 2.112 | 2.600 | 2.340 | 2.080 |
| B1 | 3.200 | 2.750 | 1.611 | 2.696 | 2.118 | 1.784 | 2.500 | 2.125 | 1.750 |
| B2 | 8.400 | 6.750 | 5.611 | 7.654 | 6.490 | 5.154 | 7.600 | 6.460 | 5.320 |
| B3 | 62.000 | 47.500 | 41.111 | 51.920 | 44.840 | 37.800 | 52.000 | 44.200 | 36.400 |
| B5 | 14.400 | 13.000 | 11.000 | 14.684 | 12.790 | 10.716 | 14.700 | 12.495 | 10.290 |
| B6 | 4.200 | 4.000 | 2.833 | 3.776 | 3.062 | 2.430 | 3.700 | 3.145 | 2.590 |
| Ácido Fólico | 2.000 | 1.250 | 2.417 | 1.469 | 1.321 | 1.058 | 1.500 | 1.275 | 1.050 |
| Biotina | 170 | 200 | 87 | 143 | 130 | 107 | 150 | 128 | 105 |
| B12 | 21 | 19 | 14 | 17 | 15 | 12 | 17 | 14 | 12 |
| C | 100.000 | 87.500 | 33.333 | 200.000 | 200.000 | 200.000 | 200.000 | 170.000 | 140.000 |
| Minerales (mg/ton) | | | | | | | | | |
| Mn | 92.000 | 66.250 | 84.444 | 99.362 | 90.852 | 86.794 | 95.000 | 95.000 | 95.000 |
| Zn | 92.000 | 63.750 | 75.556 | 92.852 | 86.660 | 81.794 | 90.000 | 90.000 | 90.000 |
| Fe | 43.000 | 67.500 | 42.222 | 45.750 | 41.950 | 38.762 | 40.000 | 40.000 | 40.000 |
| Cu | 13.200 | 9.250 | 11.556 | 11.908 | 11.984 | 11.148 | 12.000 | 12.000 | 12.000 |
| Yodo | 1.030 | 1.013 | 1.133 | 1.084 | 988 | 898 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Se | 310 | 243 | 222 | 330 | 310 | 296 | 300 | 300 | 300 |
| Co | 10 | - | 67 | - | - | - | - | - | - |

En general, los requerimientos de vitaminas liposolubles, según las referencias, son bastante similares. Estos disminuyen conforme aumenta la edad del animal. Por ende, se recomienda utilizar una misma mezcla, pero con distinta dosis, siendo el 100% para inicio, el 90% para crecimiento y el 80% para engorde (Cuadro 15). Para decidir los valores a utilizar, se analizan los promedios de las referencias y se ajustan con el fin de que, a la hora de hacer las inclusiones, según los porcentajes, se mantengan dentro de los rangos reportados por las diferentes referencias bibliográficas consultadas.

Al recomendar los niveles de los promedios referenciales, los valores se ajustan bien al cambiar las inclusiones. Sin embargo, la vitamina E se mantiene alta para las etapas de crecimiento y engorde. Ante esto, se disminuye el valor a utilizar en la etapa de inicio en un 8% para que se acople mejor a las de crecimiento y engorde. A pesar de ello, queda dentro de los valores reportados por Hubbard (2007), Rostagno et al. (2017) y Santomá y Mateos (2018).

3.3.2 Vitaminas hidrosolubles en pollos

Al comparar los promedios de vitaminas hidrosolubles de las granjas referenciales (Cuadro 15) con los valores que se utilizan en España y en EE. UU, se nota que estos últimos son menores (Villamide y Fraga 1999, Coelho 2000).

De las referencias consultadas, se observa un patrón similar a las vitaminas liposolubles, donde la mayoría de los valores referenciales de las granjas sobrepasan los requerimientos propuestos por Hubbard (2007), Aviagen (2017), Rostagno et al. (2017), Cobb-Vantress (2018) y Santomá y Mateos (2018). Hubbard (2007) mantiene los mismos requerimientos de vitaminas hidrosolubles en las etapas de crecimiento y engorde mientras que Cobb-Vantress (2018) presenta varios valores iguales, pero varía las vitaminas B2, B5 y B9.

En el caso de los valores reportados por Santomá y Mateos (2018), están por debajo del promedio de los niveles referenciales de granja en todas las etapas (Cuadro 15); similar ocurre con los requerimientos de Hubbard (2007). Las excepciones en las que los valores son mayores a los de las granjas son la vitamina C en todas las etapas (variación de 50-83%) y las vitaminas B1, B2, B6 y biotina en todas las etapas.

Las excepciones en las que los requerimientos reportados por Rostagno et al. (2017) superan al promedio de las granjas son la vitamina B5, donde varía en 12% para la etapa de inicio y se mantiene igual al promedio para crecimiento. También, la vitamina B6 en la etapa de inicio con un 8% de diferencia y un 4% en engorde. Por último, varía la vitamina B6 en un 8% en inicio y un 4% en engorde.

En referencia a la línea genética Ross, los requerimientos que presenta Aviagen (2017) son mayores a los valores que se usan en las granjas de referencia. Para la etapa de inicio, con respecto al promedio de los niveles referenciales de granja, la vitamina B1 es igual, la vitamina B12 es inferior 19% y las demás vitaminas superan dicho valor de 2 a 28%. Para la etapa de crecimiento, sólo las vitaminas B3, B5 y B9 superan el promedio de las granjas en un rango de 21 a 34%; mientras que las demás están por debajo en un rango de 4 a 20%. Por último, en la etapa de engorde, aquellas superiores son las vitaminas B1, B2, B6 y biotina, en un rango de 6 a 19%. Las que están por debajo del promedio de las granjas son las vitaminas restantes en un rango de 3 a 59%.

El comportamiento de los requerimientos de Cobb-Vantress (2018), en comparación a los valores referenciales de uso de vitaminas hidrosolubles en Costa Rica, es variable. Por ejemplo, en la etapa de engorde, la mayoría de los valores superan los de uso promedio de las granjas en un rango de 6 a 52%. Sólo las vitaminas B6 y B9 están por debajo en 9 y 38%, respectivamente. Pero, en la etapa de inicio, sólo las vitaminas B2 y B5 se encuentran por encima del valor de las granjas en 7 y 4%. Fuera de ello, el ácido fólico se encuentra igual al promedio de las granjas, pero las demás vitaminas están por debajo en un rango de 3 a 12%. En la etapa de crecimiento, las vitaminas que superan el valor de las granjas son la B2, B3 y B9 en un rango de 5 a 38%. Las demás están por debajo en un 8 a 28%.

En cuanto a las recomendaciones, al igual que para las vitaminas liposolubles, hay referencias que mantienen los requerimientos para las distintas etapas. Por ejemplo, Hubbard (2007) mantiene los mismos requerimientos de vitaminas hidrosolubles para las tres etapas. Por otro lado, Cobb-Vantress (2018) mantiene las de la mayoría de las vitaminas entre crecimiento y engorde. Por ello, se decide también utilizar una misma mezcla, que, en diferentes niveles de inclusión, funcione para las tres etapas.

Semejante a las vitaminas liposolubles, los requerimientos para los pollos van disminuyendo conforme avanzan de etapa fisiológica. Ante ello, se propone que la etapa de inicio sea la base (100%) y que se reduzca a 85% en crecimiento y a 70% en engorde. Así, se ajustan los valores a los promedios de las referencias. En caso de utilizarlo en una inclusión mayor algunos valores de vitaminas se mantienen muy altos para la fase de crecimiento y engorde. Por ello, se proponen los valores mostrados en el Cuadro 15.

Debido a que sólo Hubbard (2007) reporta el requerimiento para la vitamina C, se establece dicho nivel para las diferentes etapas en pollos. Sin embargo, se presenta un inconveniente debido a que se reporta el mismo nivel del requerimiento de la vitamina para las diferentes etapas. Por ende, cuando se cambia la inclusión de la mezcla, también disminuye el valor y no se cumple con lo que reporta la referencia. A pesar de esto, no es preocupante, ya que el valor promedio de las granjas en Costa Rica es inferior al valor recomendado en un 48% para la etapa de crecimiento y en 49% para la etapa de engorde y no se presentan problemas en campo, lo cual indica que el valor se ajusta al promedio de los niveles referenciales de granja.

Fuera de la vitamina C, el restante de las vitaminas hidrosolubles se ajusta bien a las inclusiones propuestas. En algunos casos los promedios referenciales son mayores o menores al número propuestos. Sin embargo, siempre se mantienen cercanos y, sobre todo, dentro de los rangos presentados por las referencias consultadas.

3.3.3 Microminerales en pollos

Al comparar el uso de microminerales en las diferentes etapas de los pollos, se observa que Hubbard (2007), Aviagen (2017) y Cobb-Vantress (2018) mantienen los mismos requerimientos para las tres etapas de pollos. Por otro lado, Rostagno et al. (2017) y Santomá y Mateos (2018) sí varían sus requerimientos en las tres etapas.

A pesar de que los requerimientos de Hubbard (2007) son iguales para las tres etapas, cuando se comparan a los promedios de las granjas, algunos son mayores a dicho valor pero otros menores, según la etapa. En primer lugar, el Mn es mayor al promedio de las granjas en 17% en la etapa de crecimiento, pero es menor por 13% en la etapa de inicio y 5% en engorde. Mientras tanto, el Fe sólo es menor en la etapa de inicio en un 13% pero

sobrepasa el valor de las granjas en 20 y 6% para las siguientes etapas. Seguido, el Fe supera el promedio de las granjas en 28% en inicio y en 30% en engorde, pero es inferior por 11% en crecimiento. En el caso del Cu, es inferior al promedio de las granjas de referencia en 25% para inicio y 13% para engorde, pero es mayor por 8% en crecimiento. Por último, el Se y el I son inferiores a dicho promedio en todas las etapas en un rango de 1 a 12% para el I y en un 10 a 35% en el Se.

Una situación semejante ocurre con Aviagen (2017), donde los requerimientos son iguales para las tres etapas, pero al comparar con los valores utilizados en las granjas, son mayores o menores a ellos. El Mn (23-45%), Zn (16-42%), Cu (18-42%) y I (9-19%) son superiores al promedio de las granjas en todas las etapas, mientras que el Fe es inferior a dicho promedio en las tres etapas (53-70%). El Se es inferior al promedio de las granjas de referencia en 3% pero superior en la etapa de crecimiento en 19% y en engorde en 26%.

En el caso de Cobb-Vantress (2018), el Mn, Zn, Cu y Se son superiores al promedio de las granjas en todos los casos. Pero, el Fe y el I son inferiores. En referencia a Rostagno et al. (2017), se observa que en la etapa de inicio la mayoría de los valores sobrepasan al promedio de las granjas, pero esto cambia para las etapas de crecimiento y engorde. Para la etapa de inicio, con excepción del Cu, que es inferior por 20%, el rango en que son mayores los valores al promedio de las granjas es de 4 a 33%. Para las etapas de crecimiento y engorde, se observa lo contrario, donde la mayoría de los valores son inferiores al promedio de las granjas, en un rango de 1 a 15% para crecimiento y de 15 a 39% para la etapa de engorde. En ambas etapas, las excepciones con el Fe y el Se, que sus valores son mayores al promedio de las granjas.

Para Santomá y Mateos (2018), los valores suelen estar por debajo del promedio de las granjas. Los rangos para las tres etapas, en orden, son de 2 a 39%, 16 a 56% y 5 a 13%. Sin embargo, hay dos excepciones para la etapa de inicio y engorde y tres para la de crecimiento. En inicio, las excepciones son el I y el Se, en crecimiento son el Mn, Zn y Se y en engorde son el Zn y el Fe.

En relación a las recomendaciones, debido a que varias referencias, mencionadas anteriormente, se mantienen los mismos requerimientos de microminerales para las tres etapas fisiológicas de pollos, se adapta una misma mezcla que cumpla la misma función.

Ante ello, se utilizan los valores de los promedios de las referencias como una base para las recomendaciones y se ajustan con respecto a los requerimientos reportados por las diferentes fuentes bibliográficas, obteniendo los números reportados en el Cuadro 15.

Con relación a los minerales orgánicos en pollos, sólo se reportan los requerimientos por Rostagno et al. (2017). Además, son poco utilizados en las granjas de pollos en Costa Rica. Ante esto, no se mencionan en las recomendaciones porque económicamente va a aumentar el costo de las fórmulas y no serían competentes en el mercado. Sin embargo, en caso de querer usarse se debería reducir el número del valor total de minerales recomendado.

3.4 Cerdos

Las etapas fisiológicas en que las referencias bibliográficas dividen los requerimientos nutricionales de los cerdos comerciales son pre-inicio, inicio, crecimiento y engorde (Cuadro 16). Por otro lado, McGlone (2000) indica que en los últimos 30 días de los cerdos de engorde se puede eliminar la suplementación de vitaminas y minerales sin que haya un efecto negativo en la productividad del cerdo ni en su salud. Es decir, que considera que al referirse a requerimientos de vitaminas y minerales, la última etapa se puede excluir.

Además de los cerdos comerciales, se presentan los requerimientos para los verracos, las cerdas de reemplazo, las que están en gestación y en lactancia (Cuadro 17).

3.4.1 Vitaminas liposolubles en cerdos comerciales

En general, los niveles que se utilizan de vitaminas liposolubles en las unidades de producción de referencia de Costa Rica son mayores a los valores presentados por las diferentes referencias bibliográficas consultadas.

Iniciando por los cerdos comerciales, la vitamina A es mayor al promedio de las granjas en 4 casos. En la fase de pre-inicio, es mayor según Rostagno et al. (2017) por 5%, según Topigs Norsvin (2016a) en un 31% y según De Blas et. al (2006) por 15%. En la etapa de engorde Topigs Norsvin (2012) es mayor por 23%. Tiene un valor igual al de las granjas

según PIC (2016) en pre-inicio y según Choice Genetics (2016) en crecimiento. Fuera de ello, los demás reportes se encuentran por debajo de dicho valor.

La vitamina D sobrepasa el promedio de las granjas referenciales en dos casos, que son lo reportado por Rostagno et al. (2017) para la etapa de pre-inicio y por Topigs Norsvin (2012) en la etapa de engorde. En el primero la diferencia es de 20%, mientras que en el segundo es de 26%. Ningún reporte indica que haya un valor igual al promedio de las granjas.

Por otra parte, en el caso de la vitamina E, dos cifras superan el valor utilizado en Costa Rica en pre-inicio y una de ellas lo supera en la etapa de engorde. Los primeros dos son mayores al promedio de las granjas por 15 y 20% y son reportados por Topigs Norsvin (2016a) y Rostagno et al. (2017). El tercero se reporta por Topigs Norsvin (2012) y difiere por 55% del promedio de los niveles referenciales de granja.

Por último, se observa que para la vitamina K también se presenta tres valores. Dos de ellos se dan en la etapa de inicio, reportados por Choice Genetics (2016) y Rostagno et al. (2017) con una diferencia de 19 y 21%. También, en la etapa de engorde PIC (2016) indica un requerimiento mayor al promedio de las granjas referenciales por 13%.

Al observar la tendencia de las vitaminas liposolubles en los cerdos comerciales, se podría pensar que los valores de las granjases se pueden ajustar más a los valores reportados por las referencias bibliográficas y las casas genéticas. Al reducir los valores a los requerimientos recomendados, las mezclas disminuyen en el costo. Ante ello, se recomiendan los valores reportados en el Cuadro 16.

Al observar los promedios de los requerimientos reportados por las referencias bibliográficas consultadas, en los Cuadro 16 y 17, se nota que los valores de la etapa de pre-inicio se asemejan más a los valores de las cerdas en etapas reproductivas y a los verracos. Ante esto, se decide utilizar para dicha etapa, una de las mezclas de cerdos reproductivos.

Debido a que las etapas de inicio y crecimiento se traslapan, según la referencia bibliográfica consultada, los promedios se calculan en conjunto. Otra razón ante la recomendación es el hecho de que la empresa solicita que se haga una sola mezcla que sea útil para ambas etapas. Ante ello, se deciden los valores mostrados en el Cuadro 16, según los promedios de las referencias consultadas y ajustando según el promedio del uso en las granjas referenciales. También, se toman en cuenta los valores de uso comercial en España y EE. UU reportados por Coelho (2000) y por Fraga y Villamide (2000). En relación a los minerales orgánicos, se recomiendan los expresados por Rostagno et al. (2017). Sin embargo, a la hora de utilizarlos se debe reducir el valor solicitado del número total de minerales que se expresa en el Cuadro 16.

En el caso de engorde, no se utiliza la misma mezcla que para las etapas de inicio y crecimiento ya que los valores difieren con respecto a las etapas comerciales anteriores. Esto, porque en algunos casos el requerimiento de unas vitaminas aumenta mientras que en otras bajan, por lo que no es factible usar la misma mezcla con una inclusión diferente. De igual forma, se establece el número entero más cercano al promedio de las referencias, tomando en cuenta los promedios de uso de las granjas para ajustar dicho valor y los valores comerciales utilizados en España y EE. UU, estos últimos con mayor discreción debido a las diferencias en los factores que influyen la producción.

3.4.2 Vitaminas hidrosolubles en cerdos comerciales

Al analizar los requerimientos reportados por las fuentes consultadas se observa que excluyen a algunas vitaminas hidrosolubles. Por ejemplo, De Blas et al. (2006), Topigs Norsvin (2012), Choice Genetics (2016), PIC (2016) y Rostagno et al. (2017) excluyen el ácido fólico de los requerimientos de los cerdos en las etapas de inicio, crecimiento y engorde. No obstante, si las incluyen en la etapa de pre-inicio. Por otro lado, PIC (2016) no reporta un requerimiento de vitamina B1 en las etapas de pre-inicio, inicio y engorde mientras que Choice Genetics (2016) tampoco la reporta para inicio, crecimiento y engorde. Para las mismas etapas mencionadas, Choice Genetics (2016) tampoco reporta los requerimientos de vitamina B6 ni de Biotina. Para la etapa de engorde, Topigs Norsvin (2012) y PIC (2016) tampoco lo hacen para la vitamina B12.

Con respecto a la tendencia de los valores reportados por las fuentes consultadas con respecto al promedio de las granjas, en general, PIC (2016) es la que más se aproxima a los valores utilizados en pre-inicio y Topigs Norsvin (2012) es la que tiene valores superiores a los utilizados las granjas referenciales en la etapa de engorde. Fuera de ello, la tendencia es a que los valores sean menores a los promedios de los niveles referenciales de granja.

PIC (2016) es la referencia consultada que más se aproxima a los valores promedio de las granjas referenciales porque las vitaminas B3, B5, B6 y B12 son iguales a los promedios de las granjas. Difieren la vitamina B2 en 7%, el ácido fólico en 30% y la biotina en 21%. Otro valor que es igual a los utilizados en las granjas en la etapa de pre-inicio es la vitamina B12 reportada por Topigs Norsvin (2016a).

Fuera de estos valores mencionados, la mayoría son inferiores al promedio de los niveles referenciales de granja. Lo reportado por Rostagno et al. (2017) difiere en un rango de 28 a 64% en todas las vitaminas, igual a los valores de De Blas et al. (2006), en un rango de 49 a 69%. En el caso de Choice Genetics (2016) y Topigs Norsvin (2016a), algunos valores sí superan el uso de las unidades productivas referenciales. En el caso de Choice Genetics (2016), la vitamina B6 supera el número por 2% y la biotina por 75%, fuera de ello, el rango en que se mantienen por debajo del valor de las granjas es de 4 a 45%. Por otro lado, los valores que se mantienen por encima, según Topigs Norsvin (2016a), son las vitaminas B1 por 22% y el ácido fólico por 20%. Las demás, se mantienen por debajo en un rango de 14 a 29%.

Para la etapa de inicio, el único valor que sobrepasa el promedio de las granjas es la vitamina B3 reportada por Rostagno et al. (2017). Aparte de esto, difieren en un rango de 42 a 57% para Rostagno et al. (2017), de 12 a 45% para Choice Genetics (2016), de 15 a 80% para Topigs Norsvin (2016a) y de 40 a 61% para De Blas et al. (2006).

En la etapa de crecimiento, la vitamina que sobrepasa el valor de las granjas es la vitamina B3 con un 26%. Fuera de ello, el rango de los valores con los que difieren las demás vitaminas son de 24 a 72% para los de Rostagno et al. (2017), de 8 a 46% para los de Choice Genetics (2016), de 20 a 78% para los de Topigs Norsvin (2016a) y de 17 a 81% para los reportados por De Blas et al. (2006).

Para la etapa de engorde, como se menciona anteriormente, Topigs Norsvin (2016a) es la referencia que más supera el valor utilizado en Costa Rica. El rango de todas las vitaminas con el que supera al valor de las granjas referencia es de 29 a 54%, mientras que la única vitamina con un valor inferior es la B12 con un 56% de diferencia. Fuera de los valores de la referencia mencionada, también el valor de vitamina B12 de Rostagno et al. (2017) supera el valor de las granjas por 61% y el de vitamina B3 de PIC (2016) lo hace por 30%.

Sin tomar en cuenta lo ya mencionado, los requerimientos de vitaminas hidrosolubles reportados por las referencias bibliográficas para la etapa de engorde son menores al valor de referencia en Costa Rica. La vitamina A difiere en un 40 a 49%, la B2 en 4 a 55%, la B3 de 20 a 40%, la B5 de 5 a 59%, la B6 de 16 a 44%, la B12 de 56 a 86% y la biotina en 69%. Se observa que la fuente referencial que tienen mayor variación es De Blas et al. (2006).

Al igual que para las vitaminas liposolubles, se ha analizado que los promedios de los niveles referenciales de granja son mayores a lo que reportan las referencias consultadas. Ante esto, es importante ajustar los niveles para cumplir con las propuestas nutricionales con dichos datos. Así, inclusive se disminuye el costo de las fórmulas y se evita utilizar más vitaminas de lo que es necesario.

En cuanto a los criterios relacionados a las recomendaciones, son iguales a las vitaminas liposolubles. Se utiliza como guía el promedio de las referencias y se ajustan a números enteros tomando en cuenta los valores del promedio de referencia de las granjas y los comerciales utilizados en España y EE.UU., como se muestra en el Cuadro 16.

Debido a que los niveles no se asemejan entre las etapas de inicio, crecimiento y engorde, se utilizan diferentes mezclas para cada una. De igual forma, para la fase de pre-inicio, se acopla una de las mezclas de reproducción de cerdos.

3.4.3 Minerales en cerdos comerciales

A diferencia de las vitaminas, la tendencia del uso de los minerales en las granjas de referencia es más variado con respecto a lo reportado por las fuentes bibliográficas consultadas (Cuadro 16). Sin embargo, para la etapa de pre-inicio, las recomendaciones

reportadas por PIC (2016) son las que más se asemejan a la referencia de las granjas. Son iguales los niveles recomendados para Mn, Cu y Se.

En la etapa de pre-inicio, el mineral que se utiliza en una cantidad mayor a todos los valores reportados por las referencias consultadas es el Zn. El rango de diferencia es alto, ya que varía de 93 a 97%. Es posible que esto se relacione al uso elevado del mineral por otros motivos ajenos a los requerimientos nutricionales, como el manejo de la salud.

Los valores reportados por De Blas et al. (2006) también son inferiores al uso de las granjas en un rango de 10 a 96%, con excepción del Se, que se utiliza la misma cantidad. Similar ocurre con los valores de Choice Genetics (2016), donde los valores de Mn, Zn, Cu y I son inferiores en 11 a 95%. No obstante, el Se es igual al promedio de los niveles referenciales de granja y el Fe es mayor por 14%.

En el caso de lo reportado por Topigs Norsvin (2016a), los datos suelen ser mayores a lo que se utiliza en Costa Rica. El Mn, Fe, Cu y I superan el valor de las granjas en 13 a 88%. En contra posición, además del Zn, el Se es inferior por 33%. Igual sucede con lo reportado por Rostagno et al. (2017), donde el rango en que superan al promedio de referencia de las granjas es de 11 a 58%, con excepción del Zn.

Siguiendo con la etapa de inicio, los requerimientos reportados por De Blas et. al (2006) mantienen la misma tendencia que en la etapa de pre-inicio. La totalidad de los minerales, menos el Se, que es igual, son inferiores al promedio de las granjas de 4 a 94%. Similar ocurre con Choice Genetics (2016), donde el Zn supera el promedio de las granjas referenciales en 5% pero los demás son inferiores en 7 a 95%.

Como se puede observar, el uso de Cu y Fe en las granjas es superior a cualquiera de las fuentes bibliográficas consultadas. En el caso del Cu el rango de diferencia es alto, varía de 47 a 95%.

A excepción de los mencionados, los requerimientos de Rostagno et al. (2017) son mayores al uso de minerales en las granjas referenciales. El rango de diferencia va de 17 a 43%. Igual sucede con Topigs Norsvin (2016a), donde son mayores en 14 a 50%; en este caso, el Zn también es inferior por 4%.

Para la etapa de crecimiento, la tendencia de Topigs Norsvin (2016a) y Rostagno et al. (2017) es a tener valores superiores al promedio de las granjas mientras que Choice Genetics (2016) y De Blas et al. (2006) muestran lo contrario. La excepción para Rostagno et al. (2017) es el Cu, que es menor en un 73%. También, Choice presenta la diferencia en el Zn, que es mayor 16% del valor. Según De Blas et al. (2006), son mayores el Mn, Zn y Se en 10%, 8% y 12%. Pero, el Fe, Cu y I son menores al promedio de las granjas en 20%, 84% y 37%.

Finalmente, para la etapa de engorde, algunas referencias se encuentran en su totalidad sobre el promedio de las granjas mientras que otras se encuentran en su totalidad por debajo del promedio de las granjas. Los requerimientos de Topigs Norsvin (2012) están por encima del promedio de las granjas en 21 a 83%. Por el contrario, los requerimientos reportados por De Blas et al. (2006) están por debajo del promedio de Costa Rica en 8 a 73%.

A diferencia de lo mencionado, los requerimientos reportados por Rostagno et al. (2017), PIC (2016) y Choice Genetics (2016) están por debajo del promedio de las granjas para Fe, Cu y I. El Fe varía en 18, 3 y 15%, el Cu varía en 69, 64 y 73%, y el I varía en 12, 39 y 47%. Fuera de ello, están por debajo el Zn reportado por Rostagno et al. (2017) en 20%. También, el Mn y el Se reportados por Choice Genetics (2016) en 27 y 8%.

En cuanto a las recomendaciones, en el caso de la etapa de pre-inicio, se deciden los valores de minerales basados en los promedios de las referencias consultadas. Se establece una mezcla exclusiva para pre-inicio, debido a que no se acercan los valores de los promedios de las referencias a ninguna de las otras fases de cerdos (Cuadro 16). En el caso de las etapas de cerdos comerciales restantes, se utiliza una misma mezcla de minerales para las etapas de inicio, crecimiento y engorde, donde la de engorde tiene una inclusión diferente.

Al ajustar la mezcla recomendada para las etapas de inicio y crecimiento a un 80% de inclusión para la etapa de engorde, se ajustan los valores de minerales según los promedios de los requerimientos, a excepción del I, donde hay una diferencia de 43% menos de lo que se reporta en el promedio de las referencias. Pero, al analizarlo, se observa que dicho valor se aumenta debido a la influencia de la recomendación de Topigs Norsvin (2012). A

diferencia de esta fuente de referencia, las demás se ajustan al nivel en el que se establece el yodo al cambiar el porcentaje de inclusión. Por lo tanto, los valores se mantienen como se expresa en el Cuadro 16, siendo la inclusión de la etapa de inicio y crecimiento un 100% de lo propuesto para la mezcla y un 80% para la etapa de engorde.

3.4.4 Vitaminas liposolubles e hidrosolubles en cerdos de reproducción

A continuación, se discuten en conjunto las vitaminas liposolubles como hidrosolubles, ya que las referencias consultadas comparten el mismo comportamiento en ambas (Cuadro 7). En primer lugar, los requerimientos mostrados por Rostagno et al. (2017) y De Blas et al. (2006) están en su totalidad por debajo del uso de vitaminas en Costa Rica en las etapas de gestación, lactancia y para los verracos. La única excepción es el ácido fólico en lactancia, que supera en un 5% el promedio de uso de las granjas.

Contrario a ello, Choice Genetics (2016) tiende a mostrar requerimientos mayores a los valores de uso de vitaminas en las granjas; sin embargo, hay excepciones. En todas las etapas difiere el ácido fólico en un rango de 17 a 38%. Además, en las etapas de reemplazo, gestación y lactancia se mantiene la biotina inferior en un rango de 1 a 45%. Luego, en gestación hay más excepciones, que son la vitamina A (14%), E (10%) y B1 (44%).

En el caso de los requerimientos expresados por PIC (2016), la mayoría son menores al promedio de las granjas. Sin embargo, la vitamina K en la etapa de reemplazo, gestación y lactancia superan dicho valor en 12, 1 y 9%, respectivamente. Seguido, la vitamina B2 lo hace en las cuatro etapas reproductivas (reemplazo, gestación, lactancia y verraco) en 5, 10, 13 y 25%, respectivamente. También, sucede lo mismo con la vitamina B3 en 14, 6, 9 y 15%, en el mismo orden que fueron mencionados anteriormente. Además de estos, superan el promedio la vitamina D en gestación y lactancia en 1 y 6%, la vitamina E en verracos por 18% y la vitamina B5 en lactancia y verracos en 11 y 32%. Por lo contrario, el rango en que se establecen los valores inferiores son de 4 a 73% para reemplazo, de 1 a 52% para gestación, de 1 a 34% para lactancia y de 3 a 45% en los verracos.

En referencia a los requerimientos de Topigs Norsvin (2016b), que se reportan para la etapa de reemplazo, los valores de vitaminas están por debajo del promedio de las granjas en un rango de 10 a 71%. En las vitaminas liposolubles, la vitamina D es superior por 3% al

promedio de las granjas de referencia mientras que las vitaminas hidrosolubles son iguales al valor de las granjas la vitamina B12 y la biotina, mientras que el ácido fólico supera dicho número por 31%.

En relación a las recomendaciones, en este caso se van a manejar tres mezclas diferentes. Una de ellas se establece para las cerdas de reemplazo, otra para las cerdas en gestación y lactancia y otra para cerdos en la etapa de pre-inicio y para los verracos.

Se decide utilizar una sola mezcla para las cerdas en gestación y lactancia debido a que De Blas et al. (2006), Choice Genetics (2016), PIC (2016) y Rostagno et al. (2017) fusionan la mayoría de los requerimientos de las cerdas en estas etapas. Además, porque los valores son similares y se pueden ajustar. Pero, en el caso de las cerdas en reemplazo, los niveles varían mucho con respecto a los reportados para dichas etapas o las de los verracos. Sin embargo, los requerimientos de los cerdos en pre-inicio y los verracos si se asemejan más, por lo que se ajustan para poder utilizar una sola mezcla.

Los criterios que se utilizan para decidir los valores a recomendar son fundamentados, sobre todo, en los promedios de las referencias. Sin embargo, en algunas ocasiones los requerimientos que reporta la casa genética Topigs Norsvin (2016b) varían mucho el porcentaje. Por ende, se analizan los requerimientos de cada referencia bibliográfica por aparte y se ajustan los rangos para poder utilizar una mezcla para diferentes etapas. En este caso, no se toman muy en cuenta los valores reportados para los cerdos reproductores que se utilizan comercialmente en España y en EE. UU debido a que se reporta de forma general y en este caso se están dividiendo las recomendaciones por etapas. Además, se toman en cuenta los promedios de los niveles referenciales de las granjas, ya que reflejan el uso de los nutrientes en el país y permite mantener un valor recomendado cercano a la realidad del país.

Cuadro 17. Promedio de los niveles de inclusión de micronutrientes utilizados en cerdos reproductores en granjas costarricenses, promedio de las referencias bibliográficas consultadas y recomendaciones de los niveles a utilizar (UI o mg/ton).

| Nutriente | Promedio de granjas | | | | Promedio de las fuentes bibliográficas | | | | Niveles recomendados | | |
|--------------------|---------------------|------------|------------|------------|--|-----------|-----------|------------|----------------------|-----------------------|------------|
| | Reemplazo | Gestación | Lactancia | Verraco | Reemplazo | Gestación | Lactancia | Verraco | Reemplazo | Gestación y Lactancia | Verraco |
| Vitaminas (UI/ton) | | | | | | | | | | | |
| A | 11.200.000 | 11.500.000 | 10.666.667 | 12.000.000 | 9.765.833 | 9.170.000 | 8.770.000 | 10.718.333 | 9.800.000 | 9.200.000 | 11.000.000 |
| D | 1.940.000 | 1.975.000 | 1.866.667 | 2.060.000 | 3.280.000 | 2.437.000 | 2.437.000 | 3.146.667 | 3.000.000 | 2.400.000 | 2.500.000 |
| E | 70.400 | 73.000 | 68.667 | 90.000 | 59.833 | 60.700 | 60.700 | 83.333 | 60.000 | 61.000 | 80.000 |
| K | 3.400 | 4.375 | 4.000 | 4.500 | 3.820 | 3.142 | 3.142 | 4.137 | 3.800 | 3.200 | 4.500 |
| B1 | 2.000 | 2.375 | 2.333 | 2.500 | 1.307 | 1.484 | 1.484 | 1.473 | 1.300 | 1.500 | 1.600 |
| B2 | 7.600 | 9.000 | 8.667 | 7.500 | 7.840 | 6.994 | 6.994 | 8.673 | 7.800 | 7.000 | 9.000 |
| B3 | 36.000 | 41.250 | 40.000 | 37.500 | 42.470 | 32.282 | 32.282 | 40.637 | 42.000 | 33.000 | 45.000 |
| B5 | 27.600 | 33.250 | 29.333 | 22.500 | 28.090 | 22.814 | 22.814 | 28.090 | 28.000 | 23.000 | 29.000 |
| B6 | 4.000 | 3.625 | 3.333 | 3.750 | 3.420 | 3.072 | 3.074 | 3.803 | 3.500 | 3.100 | 4.500 |
| B9 | 2.400 | 2.625 | 2.000 | 3.000 | 1.938 | 1.535 | 1.535 | 1.773 | 2.000 | 1.600 | 1.300 |
| B12 | 40 | 41 | 37 | 40 | 38 | 29 | 29 | 34 | 40 | 30 | 40 |
| Biotina | 400 | 463 | 333 | 375 | 243 | 241 | 241 | 397 | 250 | 250 | 450 |
| Minerales (mg/ton) | | | | | | | | | | | |
| Mn | 14.000 | 24.375 | 23.333 | 20.000 | 38.500 | 36.920 | 36.920 | 36.167 | 41.000 | | 38.950 |
| Mn orgánico | 34.000 | 19.375 | 23.333 | 20.000 | - | - | - | - | - | | - |
| Zn | 50.000 | 88.750 | 83.333 | 100.000 | 116.667 | 113.940 | 113.940 | 131.667 | 125.000 | | 118.750 |
| Zn orgánico | 90.000 | 53.750 | 66.667 | 50.000 | - | - | - | - | - | | - |
| Fe | 64.000 | 90.000 | 106.667 | 120.000 | 108.333 | 93.660 | 93.660 | 95.000 | 100.000 | | 95.000 |
| Cu | 4.600 | 37.750 | 86.000 | 8.000 | 38.167 | 13.240 | 15.240 | 14.000 | 15.000 | | 14.250 |
| Cu orgánico | 11.000 | 6.000 | 8.333 | 10.000 | - | - | - | - | - | | - |
| Yodo | 800 | 588 | 733 | - | 850 | 616 | 616 | 607 | 625 | | 594 |
| Se | 96 | 173 | 160 | - | 267 | 289 | 289 | 333 | 350 | | 333 |
| Se orgánico | 204 | 128 | 140 | 300 | - | - | - | - | - | | - |

3.4.5 Minerales en cerdos de reproducción

El comportamiento de los niveles de minerales en cerdas en etapas reproductivas y verracos con respecto a los promedios de las granjas de referencia varían según la etapa. Sin embargo, en algunos minerales se observa que tienen una tendencia a ser mayor o menor al promedio de uso de las granjas. Por ejemplo, el nivel de Zn utilizado en las referencias de Costa Rica es superior a todas las referencias consultadas en todas las etapas.

En la etapa de reemplazo de cerdas reproductivas, a diferencias del Zn, todas las referencias superan el promedio de las granjas para el Fe en un rango de 36 y 49%. Además, se observan dos requerimientos iguales a los promedios de las granjases, que son el Se reportado por Choice Genetics (2016) y PIC (2016). Otros valores que superan el valor de las granjas son el Mn reportado por PIC (2016), el I reportado por Topigs Norsvin (2016b) y el Cu reportado por Choice Genetics (2016) y Topigs Norsvin (2016b). Fuera de ello, el uso a nivel de las granjas es mayor al reportado por las fuentes bibliográficas.

Para la etapa de gestación, además de para el Zn, los requerimientos reportados por las referencias consultadas son menores al valor promedio de uso de las granjas. Otros requerimientos que no sobrepasan los valores de las granjases son el Mn, según De Blas et al. (2006) y Choice Genetics (2016); el Fe, según Rostagno et al. (2017) y De Blas et al. (2006); y el I, según PIC (2016). También, son iguales los valores para Se reportados por De Blas et al. (2006), Choice (2016) y PIC (2016).

En la etapa de lactancia, la mayoría de los requerimientos reportados por las fuentes bibliográficas están por debajo de la referencia del uso de las granjas. La excepción a ello es el Mn reportado por PIC (2016), el I reportado por De Blas et al. (2006) y Rostagno et al. (2017), el Se reportado por Rostagno et al. (2017) y el Fe reportado por Choice Genetics (2016). Los requerimientos de Se para cerdas en gestación de las mismas fuentes bibliográficas son iguales a los valores de las granjases.

Finalmente, para los verracos, hay cuatro excepciones donde los valores no son inferiores a los promedios de uso en Costa Rica. En tres de los casos, los valores son iguales al uso de las granjas, que son para el Zn y el Se reportado por Choice Genetics (2016) y el Se presentado por PIC (2016). Mientras, se superan los valores de las granjas en el Mn de PIC (2016) en 21%.

En cuanto a las recomendaciones, los requerimientos de minerales no tienen gran variación entre las etapas de reemplazo, gestación y lactancia. Sin embargo, en algunos casos los valores promedio de las referencias aumentan y en otros casos disminuyen, según el mineral. Ante esto, se podrían manejar mezclas separadas para cada etapa. Sin embargo, por practicidad se ajustan los valores para que las etapas de reemplazo, gestación, lactancia y verracos puedan tomarse en cuenta dentro de una misma mezcla. De igual forma, este es el objetivo de la empresa. Al igual que en casos anteriores, las decisiones se toman con base en los promedios de las referencias y variando según el uso actual a nivel de las granjas, como se muestra en el Cuadro 17. Para las etapas de reemplazo, gestación y lactancia la mezcla se utiliza en una inclusión de 100%. Sin embargo, para los verracos se utiliza una inclusión de 95%.

En caso de que se requiera usar minerales orgánicos en una fórmula, se recomiendan los reportados por Topigs Norsvin (2016b) y Rostagno et al. (2017). Al incluirlos, se deben restar de los valores de minerales totales que se expresan en el Cuadro 17.

3.5 COMPARACIÓN ECONÓMICA

En este apartado se discute la diferencia en los costos para cada una de las etapas para las diferentes especies y sus etapas fisiológicas. Se calculó el costo de los promedios de las granjas referenciales, de la fórmula que se está recomendando utilizar y de cada fórmula de los requerimientos reportados por las referencias bibliográficas consultadas según la especie. Este costo se basa únicamente en los ingredientes, excluye por completo otros costos como los de operación de la empresa. Además, se evalúan de forma equitativa, siendo la inclusión 1 kg/ton. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que dicha inclusión puede variar según el criterio de la empresa. A continuación, se enumeran las fórmulas según el costo, siendo el número 1 la más costosa y la de mayor número la menos costosa (Cuadro 18 a 22).

3.5.1 Reproductoras Pesadas

Al comparar los costos de las fórmulas de las reproductoras pesadas, se observa que las recomendaciones tienen mayor costo que el promedio de los clientes de la empresa en la etapa de desarrollo, mas no para las etapas de inicio y postura. Del total de fórmulas comparadas, Rostagno et al. (2017) reporta un menor costo en inicio y postura, mientras que en desarrollo la de menor costo es el promedio de los clientes de la empresa.

3.5.2 Reproductoras Livianas

En relación al promedio de las granjas referenciales utilizadas, las fórmulas que se recomiendan para reproductoras livianas en la etapa de inicio y postura son menos costosas. No se compara la etapa de desarrollo debido a que no se tiene un promedio de los clientes de la empresa.

Cuadro 18. Orden según el costo total de la premezcla de reproductoras pesadas y livianas (siendo 1 el más costoso).

| Reproductora | Representante | Etapa | Orden según el costo total de la premezcla |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|--|
| Reproductora Pesada | Rostagno | Inicio | 4 |
| | Cobb- Vantress | | 3 |
| | Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 1 |
| | Recomendación | | 2 |
| | Rostagno | Desarrollo | 3 |
| | Cobb- Vantress | | 2 |
| | Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 4 |
| | Recomendación | | 1 |
| | Rostagno | Postura | 4 |
| | Cobb- Vantress | | 2 |
| | FEDNA | | 5 |
| | Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 1 |
| Recomendación | 3 | | |
| FEDNA | Pre-inicio | 1 | |
| Rostagno | Inicio | 4 | |
| Isa Brown (Hendrix Genetics) | | 2 | |
| FEDNA | | 5 | |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 1 | |
| Recomendación | | 3 | |
| Rostagno | Desarrollo | 3 | |
| Isa Brown (Hendrix Genetics) | | 2 | |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | - | |
| Recomendación | | 1 | |
| Rostagno | Postura | 5 | |
| FEDNA (ponedoras) | | 3 | |
| Isa Brown (Hendrix Genetics) | | 4 | |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 1 | |
| Recomendación | | 2 | |

3.5.3 Ponedora Comercial

En el caso de la ponedora comercial, no se tiene un promedio del uso de referencia en granjas para la etapa de desarrollo. Para la etapa de inicio la fórmula más costosa es la del promedio de los clientes de la empresa, mientras que para postura es la fórmula que se recomienda (Cuadro 19). Las fórmulas menos costosas son las de los requerimientos reportados por Santomá y Mateos (2018) en la etapa de inicio y los de Lohmann Tierzucht (2013) en postura. Es posible que la fórmula que se recomienda para la etapa de postura sea más costosa por tomar en cuenta los requerimientos de la reproductora liviana a la hora de proponer una sola mezcla para ambos tipos de aves.

Cuadro 19. Orden según el costo total de la premezcla de ponedoras comerciales (siendo 1 el más costoso).

| Representante | Etapa | Orden según el costo total de la premezcla |
|-------------------------------------|------------|--|
| FEDNA | Pre-inicio | 1 |
| Rostagno | | 3 |
| NRC | | 8 |
| Lohmann | | 6 |
| Isa Brown (Hendrix Genetics) | Inicio | 4 |
| Hy-Line Brown | | 5 |
| FEDNA | | 7 |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 1 |
| Recomendación | | 2 |
| Rostagno | Desarrollo | 2 |
| NRC | | 6 |
| Lohmann | | 5 |
| Isa Brown (Hendrix Genetics) | | 3 |
| Hy-Line Brown | | 4 |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | - |
| Recomendación | | 1 |
| Rostagno | Postura | 4 |
| NRC | | 7 |
| Lohmann | | 6 |
| Isa Brown (Hendrix Genetics) | | 3 |
| Hy-Line Brown | | 5 |
| FEDNA | | 5 |
| España | | - |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 2 |
| Recomendación | 1 | |

3.5.4 Pollo

Al comparar los costos generados a partir de las diferentes fórmulas de pollos, se observa que los de las fórmulas propuestas, en comparación al promedio de las granjas de referencia, son mayores en las tres etapas, a pesar de que en las etapas de inicio y crecimiento esta variación es poca (Cuadro 20). En las etapas de inicio y crecimiento, el costo aumenta en las vitaminas, mientras que en la etapa de engorde sube el costo tanto en las vitaminas como en los minerales.

Cuadro 20. Orden según el costo total de la premezcla de pollos de engorde (siendo 1 el más costoso).

| Representante | Etapas | Orden según el costo total de la premezcla |
|-------------------------------------|-------------|--|
| Rostagno | Pre-inicio | 1 |
| Hubbard | | 2 |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | - |
| Recomendación | | - |
| Rostagno | Inicio | 5 |
| Hubbard | | 6 |
| NRC | | 8 |
| Cobb- Vantress | | 4 |
| Ross | | 3 |
| FEDNA | | 7 |
| España | | - |
| EE.UU | | - |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 2 |
| Recomendación | 1 | |
| Rostagno | Crecimiento | 6 |
| NRC | | 8 |
| Cobb- Vantress | | 4 |
| Ross | | 3 |
| Hubbard | | 5 |
| FEDNA | | 7 |
| España | | - |
| EE.UU | | - |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 2 |
| Recomendación | 1 | |
| Rostagno | Engorde | 6 |
| NRC | | 7 |
| Cobb- Vantress | | 4 |
| Ross | | 3 |
| Hubbard | | 1 |
| FEDNA | | 8 |
| España | | - |
| EE.UU | | - |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 5 |
| Recomendación | 2 | |

3.5.5 Porcinos

Iniciando con las etapas de los cerdos comerciales, en relación al promedio de los clientes de la empresa, las recomendaciones lo superan en la etapa de pre-inicio mas no en las etapas de inicio, crecimiento y engorde (Cuadro 21). La razón por la cual aumenta el costo en la etapa de pre-inicio es porque se aumenta el costo en las vitaminas de la fórmula.

Cuadro 21. Orden según el costo total de la premezcla de cerdos comerciales (siendo 1 el más costoso).

| Representante | Etapas | Orden según el costo total de la premezcla |
|-------------------------------------|----------------------|--|
| NRC | Pre-inicio | 8 |
| Rostagno | | 5 |
| PIC | | 2 |
| Choice | | 1 |
| Topigs Norsvin | | 4 |
| FEDNA | | 7 |
| España | | - |
| EE.UU | | - |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 6 |
| Recomendación | | 3 |
| NRC | Inicio y Crecimiento | 7 |
| Rostagno | | 2 |
| Choice | | 3 |
| Topigs Norsvin | | 6 |
| FEDNA | | 5 |
| España | | - |
| EE.UU | | - |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 1 |
| Recomendación | | 4 |
| NRC | | Engorde |
| Rostagno | 6 | |
| PIC | 4 | |
| Choice | 5 | |
| Topigs | 1 | |
| FEDNA | 7 | |
| España | - | |
| EE.UU | - | |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | 2 | |
| Recomendación | 3 | |

En comparación con los promedios de los clientes de la empresa, los niveles propuestos en la recomendación tienen un menor costo en la etapa de reemplazo y un mayor costo en gestación, lactancia y para los verracos (Cuadro 22). En reemplazo disminuyen tanto los costos en vitaminas y minerales y en las demás etapas aumentan ambos tipos de micronutrientes, lo cual lleva al aumento en el costo.

Cuadro 22. Orden según el costo total de la premezcla de cerdos reproductores (siendo 1 el más costoso).

| Representante | Etapas | Orden según el costo total de la premezcla |
|-------------------------------------|-----------|--|
| PIC | Reemplazo | 4 |
| Choice | | 1 |
| Topigs Norsvin | | 5 |
| España | | - |
| EE.UU | | - |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 2 |
| Recomendación | | 3 |
| NRC | | Gestación |
| Rostagno | 6 | |
| FEDNA | 5 | |
| PIC | 2 | |
| Choice | 1 | |
| España | - | |
| EE.UU | - | |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | 4 | |
| Recomendación | 3 | |
| NRC | Lactancia | 7 |
| Rostagno | | 6 |
| FEDNA | | 5 |
| PIC | | 2 |
| Choice | | 1 |
| España | | - |
| EE.UU | | - |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 4 |
| Recomendación | 3 | |
| NRC | Verraco | 6 |
| PIC | | 1 |
| Choice | | 3 |
| FEDNA | | 5 |
| España | | - |
| EE.UU | | - |
| Promedio de clientes de Faryvet S.A | | 4 |
| Recomendación | | 2 |

3.6 Manual de referencia

Como un último objetivo del proyecto, está el elaborar un manual para la utilización de los niveles prácticos de vitaminas y minerales en las premezclas de la empresa. Dicho manual se encuentra disponible en la empresa y consta de una sección para cada especie y sus categorías. Este consta con las secciones que se han ido mencionando a lo largo del trabajo.

A través de esta herramienta, al equipo de nutrición de la empresa Faryvet S.A. se le facilita la elección de los niveles a utilizar de vitaminas y minerales con base en costos, tendencias de granjas evaluadas a nivel de las granjas y practicidad en el manejo de la planta de premezclas.

Durante la realización de este estudio la empresa estableció sus propios niveles de vitaminas y minerales según sus condiciones y criterios, tomando en cuenta la información generada durante el estudio.

El hecho de que la empresa establezca sus propios niveles es beneficioso debido a que involucra más conocimiento técnico y de resultados en campo. Sin embargo, tiene la desventaja de que no se hace una comparación extensa de los usos actuales de granjas del país, por lo que los niveles elegidos se basan en recomendaciones bibliográficas y la experiencia, pero no necesariamente van a ser un estándar o promedio de las necesidades generales de las granjas de todos los clientes.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es difícil establecer niveles fijos de vitaminas y minerales a utilizar de forma general en un país debido a que las condiciones y la genética en cada granja varían. Además, que los requerimientos referenciales no son obtenidos en el país en el que se están haciendo las recomendaciones, sino, en países con climas y manejos de los animales completamente distintos a los que hay en Costa Rica.

No obstante, el tener un manual que establece los niveles a utilizar en cada especie y en cada una de las etapas fisiológicas permite estructurar el manejo y la administración en una planta pre-mezcladora.

Por ello, es importante que las mezclas que se establecen sean flexibles para poder aumentar o disminuir las dosis en caso de que un productor requiera niveles mayores o menores de los nutrientes, sin que esto influya en la fluidez del trabajo de la planta.

Se recomienda que se hagan estudios relacionados a los niveles de vitaminas y minerales utilizados en el país y los rendimientos productivos obtenidos con ellas, según la zona del país. Así, los requerimientos establecidos se ajustan más a la realidad de las granjas y a los resultados de campo.

Además, en relación a los niveles recomendados en el proyecto, se considera importante que se realicen pruebas en campo de manera de que la empresa pueda validar y justificar cada uno de los niveles propuestos. Además, se incita a la empresa a valorar las fórmulas tomando en cuenta costos de operación y los niveles de inclusión en los que se deben utilizar.

CAPITULO V. LITERATURA CITADA

Aviagen. 2017. Pollo de Engorde ROSS 308 AP: Especificaciones de nutrición. 0417-AVNR-078. EE.UU. 12 p.

Barroeta, A; Calsamiglia, S; Cepero, R; López-Bote, C; Hernández, J. 2002. Óptima nutrición vitamínica de los animales para la producción de alimentos de calidad. Barcelona, España, Pulso Ediciones. 208 p.

Blair, R. 2018. Nutrition and Feeding of Organic Poultry (en línea). 2a Edición. Oxfordshire, Reino Unido, CAB International. 277 p. Consultado 04 feb. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=LchwDwAAQBAJ&pg=PA59&dq=nutrition+and+feeding+of+organic+poultry&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjrvvCKsL_gAhUvwVkkKHcEFA8wQ6AEIKDAA#v=onepage&q=nutrition%20and%20feeding%20of%20organic%20poultry&f=false

Borel, P; Desmarchelier, C. 2018. Bioavailability of Fat-Soluble Vitamins and Phytochemicals in Humans: Effects of Genetic Variation (en línea). Annual Review of Nutrition 38. 69-96 p. Consultado 10 ene. 2018. Disponible en <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-nutr-082117-051628>

Campos-Granados, CM. 2015. El impacto de los micronutrientes en la inmunidad de los animales. Nutrición Animal Tropical 9 (1). 1- 23 p.

Case, LP; Carey, DP; Hirakawa, DA; Daristotle, L. 2001. Nutrición canina y felina: Guía para profesionales de los animales de compañía (en línea). Madrid, España, Ediciones Harcourt S.A. 48- 51 p. Consultado 31 ene. 2018. Disponible en <https://docplayer.es/18405015-Nutrientes-que-mejoran-los-parametros-de-produccion-en-la-gallina-reproductora-pesada.html>

Choice Genetics. 2016. Manual de recomendaciones nutricionales. West Des Moines, EE.UU. Ene. 16 p.

Cobb-Vantress. 2013. Complemento para el manejo de reproductoras: Emplume rápido hembra Cobb 500. Edición Revisada. L-2010-05 ES. S.I. 15 nov. 14 p.

Cobb-Vantress. 2018. Cobb 500: Broiler Performance & Nutrition Supplement. L-2114.08 EN. S.I. Abr. 14 p.

Coelho, M. 2000. Update on commercial poultry, swine and dairy vitamin supplementation. Scientific Reviews.

Combs, GF. 2008. The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health (en línea). 3a Edición. San Diego, EE.UU., Elsevier Academic Press. 608 p. Consultado 15 ene. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=1CMHiWum0Y4C&printsec=frontcover&dq=The+Vitamins:+Fundamental+Aspects+in+Nutrition+and+Health&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiTqYLKsb_gAhVJ2FkKHSDIDR8Q6AEIKDAA#v=onepage&q=The%20Vitamins%3A%20Fundamental%20Aspects%20in%20Nutrition%20and%20Health&f=false

Combs, GF. 2012. The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health (en línea). 4a Edición. San Diego, EE.UU., Elsevier Academic Press. 570 p. Consultado 23 jun. 2019. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=Whu_zOWPaTQC&pg=PA505&dq=vitamins+in+animals&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVvZf2oYHjAhUPuVkkHTMoDAQ6AEINjAC#v=onepage&q=vitamins%20in%20animals&f=false

Cunha, TJ. 1977. Swine Feeding and Nutrition (en línea). California, EE. UU, Academic Press. 368 p. Consultado 04 feb. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?hl=en&lr=&id=7R-LCyZBjxYC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Swine+Feeding+and+Nutrition&ots=M7XWI07Pzk&sig=imTM78NzmCDJd7qEka_V4IsPWdc#v=onepage&q=Swine%20Feeding%20and%20Nutrition&f=false

Dayyani, N; Bandar-Abadi, MB; Abadi-Farhani, AA. 2013. Cheated minerales in animal nutrition (en línea). International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 1 (11): 1387-1391 p. Consultado 25 nov. 2017. Disponible en http://www.ijabbr.com/article_7939_d872a1bd16826957818632ae6e578e4e.pdf

- De Blas, C; Gasa, J; Mateos, G. 2006. Necesidades nutricionales para ganado porcino: Normas FEDNA. Madrid, España, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 60 p.
- Fraga, MJ; Villamide, MJ. 2000. The composition of vitamin supplements in Spanish pig diets. *Pig News and information* 21: 67-72.
- Hendrix Genetics. s.f.a. ISA Brown: Commercial management guide. S.I. 42 p.
- Hendrix Genetics. s.f.b. Nutrition Management Guide. L7121-2. Boxmeer, Holanda. 28 p.
- Hubbard. 2007. Management Guide: Broiler. 2ª Edición. Walpole, EE.UU., Hubbard LLC. Jul. 80 p.
- Hy-Line. 2017. Ponedoras comerciales Hy-Line Brown: Guía de manejo. BRN.COM.SPN.02-15. Edición revisada. S.I. 04 may. 44 p.
- Lambio, AL. 2010. Poultry Production in the Tropics (en línea). Quezon, Filipinas, The University of Philippines Press. 276 p. Consultado 04 feb. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=odf7FVcX4UEC&printsec=frontcover&dq=poultry+production+in+the+tropics&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwi4pJbGsr_gAhXN1IkKHcctA08Q6AEIKDAA#v=onepage&q=poultry%20production%20in%20the%20tropics&f=false
- Lohmann Tierzucht. 2013. Lohmann Brown-Classic Ponedoras: Guía de Manejo. Cuxhaven, Alemania. Jun. 48 p.
- López, MC; López, H; Olea MF. 2012. Las Vitaminas (en línea). In Cameán, AM; Repetto, M. (directores). Toxicología Alimentaria. Madrid, España, Ediciones Díaz de Santos. 547- 552 p. Consultado 20 dic. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=VyDiOCXg8xIC&printsec=frontcover&dq=Las+Vitaminas&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiOoKj8sr_gAhWOq1kKHRiYD2AQ6AEIKTAA#v=onepage&q=Las%20Vitaminas&f=false
- Lorenzo, P; Moreno, A; Lizasoain, I; Leza JC; Moro, MA; Portolés, A. 2008. Farmacología Básica y Clínica: Vitaminas. Fitoterapia (en línea). Madrid, España, Editorial Médica

- Panamericana. 1009-1021 p. Consultado 04 feb. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=BeQ6D40wTPQC&pg=PA1009&dq=Farmacolog%C3%ADa+B%C3%A1sica+y+Cl%C3%ADnica:+Vitaminas.&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjtlmvs7_gAhUJwlkKHbZXBxUQ6AEIKzAA#v=onepage&q=Farmacolog%C3%ADa%20%C3%A1sica%20y%20Cl%C3%ADnica%3A%20Vitaminas.&f=false
- Macías-Alvia, A; Hurtado-Astudillo, J.R; Cedeño-Holguín, D.M; Vite-Solórzano, F.A; Scott Álava, M.M; Vallejo-Valdivieso, P.A; Macías-Alvia, M.J; Santana-Sornoza, J.W; Espinoza-Macías, M.J; Ubillús-Saltos, S.P; Arteaga-Espinoza, S.X; Torres-Macías, O.E; Piguave-Reyes, J.M; Mera-Villamar, L.A; Chavarría-Cedeño, D.I; Intriago-Sánchez, K.J. 2018. Introducción al estudio de la bioquímica (en línea). Alicante, España, Área de Innovación y Desarrollo. 119 p. Consultado 23 jun. 2019. Disponible en <https://books.google.co.cr/books?id=HolyDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- McDowell, LR. 1989. Vitamins in Animal Nutrition: Comparative Aspects to Human Nutrition (en línea). San Diego, EE.UU, Academic Press Limited. 486 p. (Serie Ciencias de los Alimentos/ Nutrición). Consultado 15 dic. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=m0lOQpezjU8C&printsec=frontcover&dq=Vitamins+in+Animal+Nutrition:+Comparative+Aspects+to+Human+Nutrition&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiRkt7Vs7_gAhWQmlkKHQ5mDu8Q6AEIKDAA#v=onepage&q=Vitamins%20in%20Animal%20Nutrition%3A%20Comparative%20Aspects%20to%20Human%20Nutrition&f=false
- McGlone, JJ. 2000. Deletion of supplemental minerals and vitamins during the late finishing period does not affect pig weight gain and feed intake. American Society of Animal Science 78: 2797- 2800 p.
- Mora-Brautigan, I. 2007. Nutrición Animal. San José, Costa Rica, EUNED. 56- 85 p.
- Mateos, G.G; García-Valencia, D; Jiménez-Moreno, E. 2004. Microminerales en Alimentación de Monogástricos. Aspectos Técnicos y Consideraciones Legales. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

- National Research Council of the National Academies (NRC). 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9a Edición. Washington D.C., EE.UU., The National Academies Press. 157 p.
- National Research Council of the National Academies (NRC). 2005. Mineral Tolerance of Animals (en línea). 2a Edición. Washington D.C., EE.UU., The National Academies Press. 6-8 p. Consultado 15 nov. 2017. Disponible en <https://www.nap.edu/catalog/11309/mineral-tolerance-of-animals-second-revised-edition-2005>
- National Research Council of the National Academies (NRC). 2012. Nutrient Requirements of Swine. 11a Edición. Washington D.C., EE.UU., The National Academies Press. 391 p.
- Palacios-Sánchez, L. 2013. Breve Historia de las Vitaminas (en línea). Revista Médica Sanitas 16 (3): 142-145 p. Consultado 20 dic 2018. Disponible en <https://studylib.es/doc/6263474/breve-historia-de-las-vitaminas>
- Panini, SR. 2013. Medical Biochemistry: An Illustrated Review (en línea). New York, EE.UU, Thieme Medical Publishers. 441 p. Consultado 11 dic 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=6f04B-vRj-EC&printsec=frontcover&dq=Medical+Biochemistry:+An+Illustrated+Review&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiGxpL8s7_gAhXBrFkKHUfUBVYQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Medical%20Biochemistry%3A%20An%20Illustrated%20Review&f=false
- PIC. 2016. Manual de especificación de nutrientes. Hendersonville, EE.UU. 63 p.
- Rostagno, HS; Teixeira, LF; Hannas, MI; Juarez, D; Sakomura, NK; Perazzo, FG; Saraiva, A; Teixeira de Abreu, ML; Borges, P; De Oliveira, RF; De Toledo, SL; De Oliveira, C. 2017. Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos: Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. 4ª Edición. Rostagno, HS (ed.); Salguero, SC (trad.). Viçosa, Brasil, Universidad Federal de Viçosa. 488 p.
- Santomá, G; Mateos, GG. 2018. Necesidades nutricionales para avicultura: Normas FEDNA. 2ª Edición. Madrid, España, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 195 p.

- Sauvant, D; Pérez, J; Tran, G. 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish. 2a Edición. Ponter, D (trad.). Paris, Francia, Wageningen Academic Publishers. 11-303 p.
- Taylor-Pickard, J; Tucker, L. 2005. Re-defining Mineral Nutrition. 1a Edición. Nottingham, Inglaterra, Nottingham University Press. 295 p.
- Topigs Norsvin. 2012. Feeding Manual: Feed manual Topigs Norsvin Finishers. S.I. 06 mar. 14 p.
- Topigs Norsvin. 2016a. Manual Lechones: Manual de Alimentación de Lechones. Versión 1. Madrid, España. Jun. 41 p.
- Topigs Norsvin. 2016b. Manual TN60: Recría de futuras reproductoras y cerdas en producción. Guia de alimentación y manejo TN60. Versión 1. Madrid, España. Oct. 60 p.
- Vásquez, R. 2016. Identificas las características y los componentes de los seres vivos (en línea). *In* Biología 1. 2a Edición. Tihuaca, México, Grupo Editorial Patria. 214 p. (Serie integral por competencias). Consultado 04 feb. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=jhQhDgAAQBAJ&pg=PA62&dq=Identificas+las+caracter%C3%ADsticas+y+los+componentes+de+los+seres+vivos&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjZ57-LtL_gAhUCvFkKHfFqAKoQ6AEIKzAA#v=onepage&q=Identificas%20las%20caracter%C3%ADsticas%20y%20los%20componentes%20de%20los%20seres%20vivos&f=false
- Vasudevan, DM; Sreejumari, S; Vaidyanathan, K. 2011. Texto de Bioquímica (en línea). Guadalajara, México, Editorial Cuéllar Ayala. 379- 431 p. Consultado 04 feb. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=IkISdcwT5IsC&printsec=frontcover&dq=Texto+de+Bioqu%C3%ADmica+vasudevan&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiJmZactL_gAhXKmVkkHQqzB48Q6AEIKDAA#v=onepage&q=Texto%20de%20Bioqu%C3%ADmica%20vasudevan&f=false

Villamide M.J; Fraga M.J. 1999. Composition of vitamin supplements in spanish poultry diets. Brit Poultry Sci 78 (1): 58

Williams, M.H. 2002. Nutrición para la salud, la condición física y el deporte (en línea). Barcelona, España, Editorial Paidotribo. 242-256 p. Consultado 31 ene. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=8rSpvU2FISMC&printsec=frontcover&dq=Nutrici%C3%B3n+para+la+salud,+la+condici%C3%B3n+f%C3%ADsica+y+el+deporte&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwijs7OttL_gAhUmqlkKHeDvAIUQ6AEIKzAA#v=onepage&q=Nutrici%C3%B3n%20para%20la%20salud%2C%20la%20condici%C3%B3n%20f%C3%ADsica%20y%20el%20deporte&f=false

Zempleni, J; Rucker, RB; McCormick, DB; Suttie J.W. 2012. Handbook of Vitamins (en línea). New York, EE.UU, Taylor & Francis Group. 1-63 p. Consultado 04 feb. 2018. Disponible en https://books.google.co.cr/books?id=IEHSBQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Handbook+of+Vitamins+zempleni&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiMuMq7tL_gAhWDtlkKHWPOB XwQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Handbook%20of%20Vitamins%20zempleni&f=false