

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Efecto de la utilización de un aditivo a base de algas en la dieta de cerdos en las etapas de lactancia y destete

Andrés Leonardo Montero Rodríguez

Tesis presentada para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2020

Esta tesis fue aceptada 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.




M.Sc. Juan Ignacio Herrera Muñoz

Director de Tesis



Ph.D. Sergio Salazar Villanea

Miembro del Tribunal



M.G.P. Óscar Cambroner Castro

Miembro del Tribunal



M.Sc. Rodolfo WingChing Jones

Director de Escuela



Bach. Andrés Montero Rodríguez

Sustentante

## DEDICATORIA

A mi amada esposa Marialurdes Madrigal González y a mis Hijos Pablo y Javier por ser el motivo de esfuerzo incansable cada día, por su paciencia, amor y acompañamiento en cada etapa que vivimos y sobre todo por llenarme de felicidad día a día.

A mis padres Miguel Montero Hernández y Damaris Rodríguez Rojas por el apoyo incondicional brindado durante toda mi vida y por los consejos que me dieron para lograr llegar a esta meta.

A mis hermanos, por toda la ayuda brindada y por ser un pilar importante en mi crecimiento personal y profesional.

A la familia Madrigal Gonzalez por la colaboración y el aliento para sacar adelante el proyecto

A mis amigos, por ser una parte muy importante de mi vida y por estar ahí cuando más los necesité.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Agradezco especialmente a toda mi familia, por el gran apoyo y la ayuda incondicional durante todos los años de mi vida, ya que sin ellos no sería posible llegar a esta meta. Quiero hacer una mención especial para Dehivis Montero y a la familia Madrigal Gonzalez por la colaboración en este proyecto

A mis amigos del equipo Igsol-Produmix por la ayuda brindada para realizar este proyecto

A Juan Ignacio Herrera, Alejandro Rodríguez Óscar Cambroner, Sergio Salazar y Águeda Serrano por toda la ayuda brindada en este proceso.

A mis profesores que tantas experiencias y conocimiento me han transmitido

A todos mis amigos por estar siempre a mi lado y servirme de apoyo en los momentos difíciles.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO .....	PÁGINA
1. PORTADA .....	i
2. HOJA APROBACION .....	ii
3. DEDICATORIA .....	iii
4. AGRADECIMIENTOS .....	iv
5. ÍNDICE GENERAL.....	v
6. ÍNDICE CUADROS.....	vi
7. ÍNDICE FIGURAS.....	vii
8. RESUMEN.....	viii
9. INTRODUCCIÓN.....	1
10. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO .....	2
11. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
12. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
13. CONCLUSIONES .....	30
14. RECOMENDACIONES.....	31
15. LITERATURA CITADA.....	32

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b>	Principales patologías intestinales en los cerdos en las distintas etapas de producción.....	9
<b>Cuadro 2.</b>	Análisis Nutricional de dietas de fase 1 y fase 2 utilizadas en la granja. ....	14
<b>Cuadro 3.</b>	Peso promedio a nacimiento, destete y siete días post-destete de los lechones que recibieron la dieta control y suplementada con el extracto de algas.....	19
<b>Cuadro 4.</b>	Peso ganado (g) durante la etapa de lactancia y consumo alimento balanceado promedio por lechón y por tipo de alimento .....	23
<b>Cuadro 5.</b>	Costos en colones por lechón por tipo de alimento recibido y costo por kg ganado .....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b>	Coeficientes de variación de los pesos realizados a los lechones por tratamiento.	19
<b>Figura 2.</b>	Ganancia de peso promedio diaria de los lechones del grupo control y testigo en el periodo de lactancia y 7 días post destete. ....	21
<b>Figura 3.</b>	Presencia acumulada de diarrea en lechones tratados con el EA y los lechones del grupo control.....	25
<b>Figura 4.</b>	Mortalidad acumulada de los lechones durante la lactancia por grupo de tratamiento. ....	28

## RESUMEN

El objetivo de la presente evaluación fue valorar la inclusión de un extracto de algas (EA) durante la etapa de lactancia de los lechones, sobre los parámetros productivos de peso al destete (PD), peso a los 7 días post destete (PPD), mortalidad de los lechones (ML), consumo de alimento balanceado (CAB), presencia de diarreas en los lechones (DL) y costo de producción por kg producido (CP) contra la dieta normal de los lechones. Se emplearon un total de 24 camadas para el experimento (12 camadas por tratamiento), se unificaron las camadas a 11 lechones cada una (total de 132 lechones por tratamiento), los mismos fueron identificados y numerados desde el día del nacimiento. Al grupo de lechones tratados con EA se le ofreció el producto (reconstituido en 500 ml de agua a temperatura ambiente con dilución al 4%) desde el día dos de nacidos, en un plato dentro de la jaula de maternidad. A partir del día 11 y hasta el destete, la dilución del EA se agregaba sobre el alimento sólido (300 g / día) de los lechones. Al grupo testigo se les hacía el mismo manejo de humedecer el alimento pero únicamente con agua (500 ml / día). Se emplearon cerdas de la línea genética Choice y se distribuyeron en dos grupos según el número de parto: grupo uno: cerdas de primer y segundo parto (5 cerdas por tratamiento) y grupo dos: cerdas de tercer parto en adelante (7 cerdas por tratamiento). El peso al destete del grupo tratado con EA fue de 7,08 kg mientras que fue de 6,59 kg para el grupo control ( $P < 0,05$ ). El comportamiento para el grupo de lechones que consumió EA y el grupo control para las variables PPD y la ML fue similar ( $P > 0,05$ ). En el caso del PPD del grupo tratado con EA, la disminución en la tasa de crecimiento de los lechones se debe a la reducción en el consumo del alimento balanceado, es decir, un estrés generado por la falta de los saborizantes que tiene el EA y no así el alimento balanceado. El CAB promedio total de los lechones presentó una diferencia significativa ( $P < 0,05$ ), entre el grupo tratado con EA (659,3 g) y los lechones del grupo control (333,2 g) respectivamente. En cuanto a la DL, hubo una diferencia significativa ( $P < 0,05$ ), entre el grupo control (16 lechones con diarreas) y los lechones que consumieron EA (6 animales con diarrea). El CP por kg producido por lechón fue de 228 colones para el grupo de animales que consumieron EA y de 55,6 colones para el grupo de lechones testigo. El extracto de algas empleado durante la etapa de lactancia de los lechones ayudó a mejorar los parámetros productivos de los lechones y disminuyó la afectación por diarreas.



## INTRODUCCIÓN

La presión generada por el acelerado aumento del crecimiento poblacional, mayores demandas de productos y la disminución de los espacios para la producción agropecuaria, provoca que los productores se vean forzados a aumentar su productividad por medio de la mejoría en su eficiencia productiva. De la mano con estos cambios, en granja se generan manejos más técnicos y detallados procurando que los animales logren una mayor capacidad productiva y reproductiva.

En respuesta a esta presión productiva en la industria porcina; específicamente en el ámbito reproductivo, del año 2009 al 2014, se ha logrado destetar 0,42 animales más por cerda al año y se ha aumentado en 0,16 animales la cantidad de lechones por camada a nivel mundial (Gasa et al., 2016)

El destete precoz (21 a 28 días de lactancia) o ultra precoz (<21 días de lactancia) de los animales puede generar un aumento en la cantidad de partos al año por cerda (Riascos et al., 2014). Además, se mejora la nutrición de los lechones al suplementarse la alimentación en el período de lactancia, ocasionando que las cerdas terminen la etapa de lactancia con mejor condición corporal (Kinejara et al., 2016). Esta condición se ve reflejada en una disminución del tiempo en que las cerdas están listas para el siguiente servicio.

Actualmente existe una gran variedad de productos en el mercado como prebióticos, probióticos, acidificantes, aceites esenciales, inmunoestimuladores, lacto-reemplazadores, rehidratantes, entre otros (Denk et al., 2017.; Roth, 2000.; Lauridsen, 2015.; Balfagon et al., 2014.). Todos ellos tienen diferente mecanismo de acción y su uso va direccionado a mejorar la nutrición, desarrollar la capacidad de absorción de nutrientes a nivel intestinal, y la disminución y prevención de diarreas, tanto patológicas como funcionales que experimentan los animales en estas fases.

Resulta indispensable realizar validaciones de los productos ofrecidos en el mercado. Estos ensayos permiten dar confiabilidad al producto en caso de que se considere utilizarlo bajo condiciones específicas. Es por esto, que se desea evaluar el efecto de un rehidratante enriquecido con algas, edulcorantes y saborizantes en raciones para lechones sobre los rendimientos productivos en la etapa de lactancia y 7 días post destete.

## ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

En Costa Rica, existe un aproximado de 435 243 cabezas de ganado porcino, distribuidas a lo largo de todo el país. De esta actividad se benefician más de 3000 familias de forma directa e indirecta y es potenciador del desarrollo rural del país (INEC 2014).

Del año 2015 al año 2017, el mercado de la carne de cerdo en Costa Rica tuvo un crecimiento aproximado del 11,6% en la cantidad de animales faenados causando un aumento sostenido en el consumo *per cápita*; siendo para el año 2018 de 15,4kg (MAG 2016).

Desde varias décadas atrás, la industria porcina a nivel mundial ha buscado maximizar la producción del hato, y una de las áreas que más se trabajó fue disminuir el tiempo de lactancia de los lechones para lograr un mayor número de partos por hembra al año. Como consecuencia, hoy en día se considera normal realizar destetes entre los 21 y 28 días de nacidos los lechones. Consecuentemente, junto a este manejo se han generado mayores manifestaciones de problemas gastrointestinales en las etapas iniciales de crecimiento (Caltempa, 2008).

### El destete

El destete implica la separación del lechón sin acceso a leche proveniente de su madre. En este acto, el lechón sufre cambios drásticos en su alimentación, ya que pasa de un alimento líquido, altamente digestible y muy bien adaptado a las enzimas del tracto digestivo, a un alimento sólido a base de fuentes vegetales (Reis et al., 2012).

Este cambio en la alimentación al destete, puede presentar implicaciones negativas en el animal según el tamaño de partícula del alimento. Entre más fino sea el grado de molienda, mayor va a ser el nivel de digestibilidad del alimento, ya que aumenta el área de exposición del sustrato a las enzimas digestivas de los lechones (Riascos et al., 2014).

Se deben utilizar materias primas de alta calidad para la formulación de los alimentos balanceados de los lechones (Campabadal, 2009). Características como: alta digestibilidad, y disponibilidad son vitales para promover un buen desarrollo de los animales. Ingredientes de origen animal, fuentes de lactosa y aditivos que mejoren la capacidad digestiva de los lechones

son recomendados en animales de edades más tempranas, y conforme el animal avanza en edad, se pueden incluir materias de origen vegetal (Reis et al., 2012).

Además de la utilización de materias primas de alta digestibilidad en la elaboración de los alimentos para los lechones, se puede emplear estrategias nutricionales que ayuden a mejorar las condiciones gastrointestinales de los lechones. Algunos ejemplos son la inclusión de ingredientes con un alto porcentaje de fibra detergente neutro (liberación de ácidos grasos volátiles a nivel de ciego), evitar los excesos de nutrientes que sirvan de sustrato para bacterias perjudiciales, inclusión de aditivos que ayuden a disminuir la proliferación de patógenos, entre otros (Balfagón et al., 2014)

El lechón destetado se enfrenta a otros factores estresantes como: el cambio de corral, de temperatura y redistribución del orden jerárquico. La supresión inmunológica generada por estos cambios, da pie a la entrada de enfermedades del tracto gastrointestinal en los lechones, que a su vez, es una de las principales causas de mortalidad en los mismos (Quiles et al., 2008).

Las condiciones ambientales también juegan un papel muy importante. La temperatura, la humedad, la ventilación e inclusive la luz, generan un impacto importante sobre el peso del lechón a la hora del destete. Al aumentarse el requerimiento de energía para la adaptación a condiciones no óptimas, se destinan menos nutrientes para el crecimiento y producción (Riascos et al., 2014).

Otro factor que influye en los cambios que sufren los lechones, es que los mismos no están acostumbrados a regular su ingesta de alimento justo después del destete, ya que dependían de la voluntad de amamantar de la madre. Esto genera casos de no consumo de alimento horas después del destete hasta casos de consumo en exceso; que a su vez genera problemas gastrointestinales que pueden terminar en la muerte de los lechones (Vásquez, 2018)

### **Alimentación y peso al destete de los lechones**

Después del destete, en la primera semana, se presenta un balance energético negativo en el lechón, consumiendo menor cantidad de energía que la ingerida al final del periodo de lactancia. Sumado a ello, la adaptación a la nueva jerarquía (mezcla de camadas)

y un aumento en la actividad hacen que los animales no ganen peso (Parsi et al., 2016) y más bien se den pérdidas de 100-250 gramos por animal el primer, segundo y hasta el tercer día (Riascos et al., 2014). También se presenta una atrofia en las vellosidades del intestino, asociadas a una disminución en el consumo de materia seca, especialmente los dos primeros días post destete; habiendo una recuperación hasta los cinco días posteriores. (Martínez, 2015)

A la hora del destete, es normal realizar la alimentación temprana o la utilización de aditivos que propicien el pronto consumo de alimentos balanceados. Con ello se favorece el desarrollo y crecimiento las vellosidades de la mucosa intestinal, incrementándose la capacidad de asimilación de los nutrientes por parte de los lechones (Reis et al., 2012).

Muns et al., (2018) encontraron que los lechones que consumieron alimento balanceado pre-destete, presentaron un aumento en el consumo de alimento sólido después del destete en comparación con los animales que no tuvieron acceso a dicho alimento. Esto además de generar un mejor índice de conversión, predispuso al lechón a tener mejores condiciones para las etapas de engorde.

En un estudio realizado en la Universidad de Kansas (Estados Unidos), se demostró que la ganancia de peso durante la primera semana post destete, produce un impacto significativo en el crecimiento de los cerdos; alcanzando el peso a mercado hasta 10 días antes en los cerdos que tenían 1,6 kg más de peso al final de la primera semana post-destete (Tokach et al., 1992).

En otro estudio realizado por Dunshea et al., (2003), los cerdos destetados con más peso a la misma edad, fueron más pesados en cada punto de pesaje hasta el sacrificio, con diferencias al final del ciclo de 13 kg promedio por animal. Estos datos concuerdan con Vásquez (2018), en donde los cerdos que se destetan a un menor peso, tienden a consumir menos alimento balanceado en las etapas de preinicio e inicio; logrando menores pesos corporales al final del ciclo productivo, en comparación con los cerdos de mayor peso vivo al destete en el mismo tiempo de engorde.

A pesar de que la mayoría de los autores coinciden en los beneficios del uso de alimento pre y post destete, Morrison et al., (2008) encontraron que los resultados no siempre

son consistentes y varían, habiendo en ocasiones ausencia de ventajas hasta mejoras de 1 kg más de peso vivo al destete. Es probable que la suplementación con estos alimentos balanceados favorezca más a los lechones pequeños, ya que tienden a consumir más que sus hermanos de mayor peso y empiezan a comer antes. Una posible explicación es que a los lechones más pequeños les corresponden las ubres posteriores, en los que la producción de leche es más baja, lo que resulta en sensación de hambre y mayor consumo de alimento balanceado (Wellock et al., 2014).

El consumo de alimento sólido en la etapa pre-destete por parte de los lechones más pequeños genera que las camadas tengan una mayor uniformidad en los pesos individuales y por ende, se logre trabajar con grupos más uniformes en las siguientes etapas de crecimiento y finalización (Sulabo et al., 2010).

### **Tipos de destete**

El destete ultra-precoz, se realiza en periodos menores a 21 días post-nacimiento, y se utiliza en casos de emergencia en la granja por falta de espacio y puede acarrear problemas digestivos y es más exigente en labores de manejo y nutrición (Caltempa, 2008).

El destete temprano o precoz (21-28 días post nacimiento), tiene como objetivo optimizar la productividad de la cerda y acelerar el crecimiento de los lechones. Los lechones duran aproximadamente una semana para adaptarse al nuevo alimento (Caltempa, 2008).

El periodo de destete que se encuentra entre los días 30 al 45, se considera como moderado. En esta etapa el lechón es menos exigente porque ya ha desarrollado inmunidad y el tracto gastrointestinal se encuentra más maduro para afrontar el cambio de alimentación (Caltempa, 2008).

Un destete después de los 45 días de vida del lechón se cataloga como tardío, y se considera como una pérdida en la eficiencia reproductiva de la cerda, además de que la producción de leche de la cerda ya es muy reducida (Caltempa, 2008).

En general, el peso del lechón al destete aumenta linealmente con la duración de la

lactancia. En el caso de la cerda, sucede lo contrario, entre más largo el tiempo de la lactancia, mayor pérdida de peso vivo y del espesor de grasa dorsal (Gasa et al., 2016).

### **Desarrollo del tracto gastrointestinal del cerdo**

Al momento del nacimiento el tubo digestivo del lechón está sin colonización de microorganismos. Unas horas después del nacimiento ya se pueden encontrar colonias de bacterias procedentes de la propia cerda y del ambiente que rodea al lechón, estas bacterias compiten e interactúan entre sí conformando la flora intestinal saprófita (Prieto et al., 2017).

El tracto digestivo de los lechones en la vida fetal se desarrolla muy poco, pero después del destete maximiza su crecimiento y es, hasta la semana 12 de vida, cuando se alcanza la madurez. Este crecimiento se ve fomentado por el consumo de alimento sólido (Prieto et al., 2017).

### **Peso al nacimiento**

La mejora genética y el uso de cerdas híper-prolíficas, han aportado al incremento del tamaño de las camadas en los últimos años. La tendencia hacia una mayor prolificidad mejora el rendimiento económico, ya que el mayor número de kilogramos de cerdos vendidos, reduce el costo de lechón destetado. Sin embargo, este incremento en tamaño de la camada reduce el peso corporal del lechón al nacimiento y aumenta el porcentaje de lechones de tamaño pequeño (Wellock et al., 2014)

En un estudio de Wientjes et al. (2013), se reportó que después de 16 lechones nacidos vivos, por cada lechón adicional, el porcentaje de lechones pequeños (menor 1kg) aumenta mientras que; el peso medio al nacimiento disminuye en 40 gramos. Aunado a esto, la desviación estándar y el coeficiente de variación del peso al nacimiento aumentan en 4 gramos y 0,8% respectivamente.

Es frecuente encontrar una relación entre el peso al nacimiento y el aplastamiento de los lechones, ya que un lechón que no puede mamar, se debilita y está más propenso a ser aplastado por la madre porque se mueve menos (Martínez, 2015)

Los lechones más pesados al nacimiento tienen mayor reserva de energía, permitiendo una más rápida adopción de las tetas de la hembra; así como también mejor adaptación en condiciones de manejo no óptimas (Giraldo, 2018).

En un estudio realizado por Wellock et al. (2014), se confirma una correlación entre el peso al nacimiento y el peso al destete. Una diferencia de 740 gramos al nacimiento (1,08 kg vs 1,82 kg), se tradujo en una diferencia de 1,52 kg en peso al destete a los 28 días de edad (7,10 kg vs 8,62 kg).

En el estudio de Beaulieu et al. (2010), se encuentra también una correlación entre el peso y los índices de conversión de los lechones, en donde, a mayor peso de nacimiento mejores conversiones y mayor peso al destete. Dicha tendencia se mantuvo hasta el sacrificio, donde los lechones más pesados al nacer tienen menor cantidad de días para llegar al peso de mercado.

## **Diarrea**

La diarrea es la pérdida en la consistencia de las heces por la pérdida de fluidos y podría resultar en la deshidratación de los animales (Pérez et al., 2008). Independientemente del agente o agentes que estén involucrados en causar la diarrea, la eliminación de heces acuosas provoca deshidratación, desequilibrio electrolítico y, posteriormente si persiste el problema, puede desencadenar una acidosis metabólica (Bregadioli et al., 2017).

Un correcto diagnóstico es clave para la selección del tratamiento y la estrategia nutricional a seguir; al ser estas enfermedades multifactoriales con participación de factores ambientales, dietéticos y de manejo (Pérez et al., 2008).

Según Pérez et al. (2008), en la primera semana de vida de los lechones, el principal alimento es la leche. Esto genera dos detonantes para la colonización de bacterias patógenas:

- Hay poca liberación de ácido clorhídrico (HCL) y bajo peristaltismo, generando que el pH del intestino sea más básico (favorece el crecimiento de bacterias patógenas como las del género *Escherichia coli* y el tiempo de retención a nivel del duodeno y del yeyuno sea mayor, permitiendo a los microorganismos actuar durante un

periodo más largo de tiempo.

- El sustrato de lactosa favorece el adecuado desarrollo de la mayoría de bacterias, tanto benéficas como patógenas.

Las siguientes semanas después del nacimiento, los cuadros de diarrea vienen determinados por la falta de transmisión de inmunidad pasiva calostrual (IgA); así como también por unas deficientes condiciones higiénicas en la sala de partos (Quiles et al., 2008).

Los lechones al nacer son inmuno-incompetentes, dependiendo de los anticuerpos que les brinde la madre a través del calostro y la leche. A partir de las semanas 4-7 es cuando los lechones desarrollarán una inmunidad activa (Butler et al., 2009).

En el caso del destete, la causa principal de diarrea es el estrés que sufre el lechón en los días posteriores al mismo; ya que las enzimas digestivas no están maduras, y es incapaz de digerir proteína de origen vegetal. Sumado a ello, el lechón tiene reducida la capacidad de ingesta, condicionando a su vez, la absorción del intestino delgado y su función como barrera frente a la flora patógena (Quiles et al., 2008).

El exceso de alimento no digerido en el intestino delgado a falta de enzimas, genera un incremento en la población patógena oportunista y esto unido a la pérdida de la función protectora de la mucosa intestinal, ocasiona un aumento en las patologías digestivas, principalmente diarreas (Pérez et al., 2008).

En el Cuadro 1. Se observan las principales afectaciones intestinales sufridas por los cerdos en todas las etapas de producción, por etiología, signos clínicos, edad de afectación y zona del intestino que se ve afectada.



**Cuadro 1.** Principales patologías intestinales en los cerdos en las distintas etapas de producción.

Enfermedad	Etiología	Edad	Signos clínicos	Zona afectada
Colibacilosis	<i>Escherichia coli</i>	1-5 semanas	Diarrea líquida, amarillenta. Muerte súbita	Yeyuno y/o Íleon
Diarrea Epidémica Vírica	Coronavirus	Todas las edades (severo 1-5 semanas)	Diarrea líquida, pH ácido. Vómito	Yeyuno
Disentería Porcina	<i>Brachyspira hyodysenteriae</i>	A partir 6 semana	Diarrea pastosa, Letargia	Colon
Espiroquetosis Intestinal Porcina	<i>Brachyspira pilosicoli</i>	6-16 semanas	Diarrea pastosa	Colon
Adenomatosis intestinal porcina	<i>Lawsonia intracellularis</i>	A partir de la 5 semana	Diarrea pastosa adelgazamiento	Íleon y/o ciego y/o colon proximal
Salmonelosis	<i>Salmonella thypimurium</i>	Todas las edades	Diarrea muco-hemorrágica subclínica	Yeyuno e Íleon ciego y/o colon
Trichuriasis	<i>Trichuris suis</i>	A partir del destete	Diarrea pastosa a muco-hemorrágica	Ciego, colon proximal – medio
Hipersensibilidad a la soya	Proteínas de soya intactas	1-2 semanas post destete	Heces pastosas	Yeyuno e Íleon
Colitis inespecífica	Dieta y/o manejo	12-40kg	Diarrea pastosa	Ciego y colon
Prolapso rectal	Causas: diarrea (ácida, irritación, tenesmo), tos intensa, presión abdominal, gestación y parto, micotoxinas			

Fuente: Adaptado de Pérez et al., (2008).

Para prevenir las patologías digestivas, los productores han optado por la incorporación de antimicrobianos en el alimento balanceado en las etapas de preinicio de los lechones (Rubio 2018), siendo los más utilizados antibióticos y óxido de Zinc. Sin embargo, la presión social y legislativa está encaminada a limitar su uso, por lo que es recomendable replantearse estrategias que optimicen en el lechón los procesos digestivos y el sistema inmune (Molist, 2018).

Los mecanismos de defensa del tracto gastrointestinal se pueden dividir en dos tipos: los inespecíficos (producción de ácido gástrico, recubrimiento de moco, peristaltismo, y descamación epitelial) y los específicos, estos últimos constan de la formación de inmunoglobulinas y las funciones desarrolladas por las células del sistema inmune (Pérez et al., 2008).

### **Efectos de la lactancia en las cerdas.**

La curva de lactancia de las cerdas presenta una fase de ascenso que llega hasta la primera semana o diez días post parto, seguida de un periodo de estabilización para iniciar un descenso al final de la tercera o cuarta semana de lactación. Durante los primeros días de lactación, no solamente se da un aumento en la cantidad de leche producida, sino también un cambio en la composición. Conforme aumentan los días de lactancia, se disminuyen los contenidos de grasa, proteína y energía hasta el día 10 aproximadamente, cuando se llega a estabilizar la composición de la leche (Gasa et al., 2016).

Al final de la gestación los balances de energía metabolizable (EM), de lisina y de calcio pueden disminuir considerablemente, e inclusive llegar a ser negativos tanto en nulíparas como multíparas. El alimento ingerido generalmente no llega a suplir las necesidades nutricionales de las cerdas. Al inicio de la lactancia, el balance negativo alcanza niveles de alrededor del 20% o 30% para multíparas y nulíparas respectivamente; por la misma razón anteriormente mencionada. En cuanto al peso vivo de las cerdas, la primera semana de lactancia se puede registrar una pérdida de hasta 1kg diario especialmente en cerdas primíparas (Gasa et al., 2016).

La incapacidad por parte de las cerdas para ingerir todo el alimento necesario para mantener la producción láctea, provoca que, especialmente en los primeros días post parto,

se destinen las reservas corporales en los animales para dicho fin. Si este balance negativo de nutrientes se mantiene durante todo el proceso de la lactancia se puede poner en riesgo el proceso de reproducción, la salud y la longevidad de la cerda como tal (Capdevila, 2006; Kim et al., 2013).

Acá toma relevancia la utilización de productos que complementen la lactancia materna de las cerdas para evitar el gran desgaste que sufren los animales por la producción de leche, esto a su vez también va a mejorar los parámetros reproductivos de la cerda.

### **Destete Cubrición**

El Intervalo destete–cubrición (IDC) se refiere a los días no productivos que transcurren desde la separación de los lechones hasta la presencia del celo; este IDC puede verse afectado por el tiempo de lactancia, el tamaño de la camada y la condición corporal de la cerda al final de la primera (Kinejara et al., 2016)

Una pérdida superior al 10% del peso vivo de la cerda durante la lactancia o 0,5 puntos de condición corporal en el mismo periodo de tiempo (Thaker et al., 2005), puede afectar el desarrollo folicular, la tasa de ovulación y IDC del siguiente ciclo productivo de la cerda. (Santomá et al., 2011)

### **Extractos de algas en alimentación de cerdos.**

Las algas y micro algas son organismos fotosintéticos de los que se han identificado y aislado compuestos bioactivos con diversos usos potenciales en biomedicina, agropecuaria, cosmética y en investigaciones básicas. Dichos compuestos incluyen carbohidratos, lipopéptidos, ácidos grasos, proteínas, alcaloides, fenoles, amidas y otros compuestos de bajo peso molecular. Todos ellos con diferentes efectos farmacológicos como bactericidas, antivirales, antiprotozoos, antiinflamatorios, inmunomoduladoras y antioxidantes (Llopiz, 2016.; Rendón et al., 2013).

Los carbohidratos tienen características químicas, fisicoquímicas y de fermentación que no se encuentran en los carbohidratos de las plantas superiores. En las algas marinas la fibra soluble consiste en laminarina ( $\beta$  1-3,  $\beta$ 1-6 glucano), y fucoidanos, mientras que la fibra

insoluble es esencialmente celulosa (Deville et al., 2007)

En general la laminarina y los fucoidanos pueden ofrecer un medio dietético para modular el entorno intestinal y/o la inmunidad de los cerdos, reduciendo el riesgo de diarrea y mejorando la inmunidad y absorción de nutrientes (Lynch et al., 2009).

Los efectos inmunoprotectores de la laminarina, están mediados a través de los receptores beta glucanos y las células Microfold presentes en el tracto gastrointestinal. Estas últimas células son las responsables de la introducción de macromoléculas dentro de las placas de Peyer, dentro de las cuales, los  $\beta$ -glucanos influyen en la producción de citoquinas para el control del desafío de patógenos (Sweeney et al., 2016).

Otro efecto de los  $\beta$ -glucanos estudiado por Kogan et al. (2007), es la capacidad de aglutinar ciertas especies de bacterias, inhibiendo su posterior adhesión y colonización de la superficie de la mucosa epitelial de los cerdos.

Los fucoidanos son polisacáridos sulfatados, con efectos prebióticos principalmente. Sweeney et al. (2011), encontraron que la suplementación con fucoidanos, generaba un aumento en la cantidad de lactobacilos en el colón, tanto proximal como distal; así como también un aumento en la producción de ácido butírico en los lechones destetados.

Ante la creciente demanda por producir más carne de calidad y cantidad para abastecer el mercado mundial, y debido al limitado crecimiento productivo marcado por un tope genético y animal, se hace cada vez más necesario la inclusión de productos de origen natural que colaboren con la lactancia materna. Es por ello que un producto a base de algas, puede ayudar a disminuir la presión de infección en los lechones, ayudando a formar lechones más vigorosos y con mejores parámetros zootécnicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Generalidades

La presente investigación se llevó a cabo en la granja Porcina Inversiones Farmaceba de San Ramón, ubicada en la comunidad de San Francisco, del cantón de San Ramón de Alajuela. Localizada en las coordenadas latitud Norte 10° 4´ 29,64´´ y longitud Oeste 84° 32´ 42,71´´. A una altitud de 850 msnm y con una precipitación promedio de 2300 mm; la temperatura tiene una oscilación entre los 18° C y los 28° C (Climate-Data, SF).

Al momento de realizar la investigación, la granja contaba con un total de 200 vientres de la línea genética Choice bajo un sistema de ciclo completo de producción. La alimentación es seca a base de alimento balanceado producido en la misma granja. El destete de los lechones se realiza en promedio a los 24 días de nacidos.

### Manejo de la granja

Los lechones reciben el siguiente plan de manejo: el día del parto se reciben en una jaula de lactancia donde previamente se ha pasado la cerda (7 días antes del parto) y siempre hay personal verificando el proceso de parto. Una vez nacido el lechón, éste se seca y se direcciona el consumo de calostro. El día del nacimiento se corta y se cura el ombligo con una solución de yodo al 5%, así como también se suministra 50 mg de toltazurilo oral; a los 3 días se inyecta 200 mg de hierro intramuscular. Los machos se castran quirúrgicamente a los 4 días de edad.

El alimento sólido (en forma de harina) de fase 1 se ofrece a partir del día 11 de vida de los lechones y hasta el día 15; el alimento fase 2 se ofrece del día 16 de vida y hasta el día 35. En el Cuadro 2 se detalla el valor nutricional de las dietas de fase 1 y fase 2. Con relación al plan de vacunación de los lechones, se aplica la vacuna contra micoplasma a los 7 días de edad con una dosis de refuerzo al momento del destete, la vacuna de circovirus también se aplica el día del destete.

**Cuadro 2.** Análisis Nutricional de dietas de fase 1 y fase 2 utilizadas en la granja.

Nutriente	Fase 1		Fase 2	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Humedad	10,57	%	11,41	%
Materia Seca	89,43	%	88,59	%
Cenizas	5,85	%	5,92	%
Proteína Bruta	19,47	%	19,09	%
Grasa Bruta	7,08	%	6,97	%
Fibra Bruta	1,77	%	2,10	%
FND	5,93	%	6,98	%
Almidón	35,80	%	38,05	%
Azúcares	11,38	%	7,48	%
Lactosa	9,54	%	5,38	%
C18:2	2,21	%	2,52	%
Calcio	0,98	%	0,95	%
Fosforo Total	0,73	%	0,73	%
Fosforo Disponible	0,59	%	0,58	%
Sodio	0,45	%	0,33	%
Cloro	0,88	%	0,68	%
Energía Dig. Cerdos	3591,00	kcal/kg	3548,20	kcal/kg
Energía Met. Cerdos	3461,00	kcal/kg	3427,20	kcal/kg
Energía Neta Cerdos	2516,50	kcal/kg	2500,40	kcal/kg
Lisina	1,60	%	1,42	%
Metionina	0,62	%	0,57	%
Met + Cys	0,94	%	0,85	%
Treonina	1,04	%	0,92	%
Triptófano	0,29	%	0,20	%

Fuente: Farmaceba 2020

El extracto de algas tiene el siguiente análisis garantizado: humedad (máx) 4%; proteína cruda (mín) 12,5%; extracto etéreo (mín) 0,01%; fibra cruda (máx) 3,5%; calcio (mín - máx) 0,1% - 1,1%; fósforo (mín) 0,01%; sal (mín - máx) 5,6% - 6,6%. Y los siguientes ingredientes: Dextrosa, proteína de suero de origen bovino, cloruro de sodio, cloruro de potasio, extracto de algas, sal de sodio del ácido cítrico (Igsol, 2019).

A las cerdas en las jaulas de maternidad, se les suministra una dieta de lactancia de 2 kg de alimento balanceado por día. El día del parto, se ofrece únicamente 0,5 kg de alimento de lactancia y en los días subsecuentes, la cantidad diaria de alimento de lactancia aumenta paulatinamente hasta llegar a los 6 kg diarios. Dicho consumo de alimento balanceado se

alcanza aproximadamente a los 6 o 7 días post parto. Para las cerdas el plan de vacunación es el siguiente: en el día 90 de gestación reciben la vacuna contra *E.coli* y al día del parto se suministra la vacuna de Parvovirus.

El ensayo se realizó en las jaulas de lactancia de la granja. La mismas cuentan con piso de plástico elevado del suelo, comederos tipo canoa y bebederos de tetilla; así como una lámpara de calefacción infrarroja que se utiliza del día del nacimiento hasta el día 7 de vida de los lechones.

## **Tratamientos**

### **Tratamiento Extracto de Algas (EA)**

A los lechones del grupo 1 se les incorporó un plato en la paridera, donde se adicionó una solución de 20 gramos de extracto de algas (EA) + 500 ml de agua a partir del día 2 de nacidos al día 10 de vida. Cabe mencionar que es una única dosis por día y se descartó el sobrante en caso de que existiera al momento del pesaje. A partir del día 11 y hasta el momento del destete, adicional al alimento balanceado que se ofreció regularmente, se brindó una mezcla de 20 g de extracto de algas más 500ml de agua sobre 300 gramos de alimento (forma de papilla) siguiendo la recomendación del fabricante. Esta mezcla se ofreció en un plato diferente al comedero donde se brindó el alimento balanceado seco.

### **Control**

A los lechones del tratamiento control solamente se les ofreció alimento de preinicio 1 en harina a partir del día 11 de vida junto con agua a libre consumo a modo de control experimental. A partir del día 11 y hasta el momento del destete, adicional al alimento balanceado que se ofreció regularmente, se brindó una mezcla de 300g de alimento balanceado más 520 ml de agua (forma de papilla) para igualar las condiciones del alimento experimental. Esta mezcla se sirvió en un plato diferente al comedero donde se brindó el alimento balanceado.

El experimento contó con 2 tratamientos, un grupo de lechones consumió el EA durante toda la lactancia y el grupo control que no llevaba el producto en la dieta. Cada uno con 12

repeticiones correspondientes a diferentes camadas de lechones. Debido a la dinámica de la granja, semanalmente se trabajó 4 repeticiones por tratamiento (8 cerdas paridas), para un total de 12 camadas por tratamiento al final de la tercera semana. Se homogenizó a 11 lechones todas las camadas experimentales (sin hacer diferenciación por el sexo del lechón), pasando los lechones restantes a otras hembras adoptivas o haciendo adopciones en caso que fuese necesario (máximo tiempo para traslados 48 horas). En este último caso, se buscó un lechón que tuviera un peso similar al promedio de los lechones de la camada. Todos los lechones de un tratamiento se identificaron con aretes del mismo color y tuvieron una numeración consecutiva para cada animal.

Las cerdas fueron estratificadas en dos grupos según el número de partos; correspondiendo al grupo uno las cerdas de primer y segundo partos y al grupo dos las cerdas de tercer o más partos. Se asignaron de forma aleatoria, cinco cerdas del grupo uno y siete cerdas del grupo dos a cada tratamiento. Todas las cerdas fueron inseminadas artificialmente con el mismo macho de la línea EBX de Choice.

A todos los lechones se les suministró agua desde el nacimiento; y alimento balanceado a libre consumo a partir del día 11, el cual se revisó dos veces al día para verificar su disponibilidad y buen estado. Todos los días a la misma hora, se midieron los consumos de los animales por diferencia de peso entre el alimento ofrecido el día anterior y la cantidad de alimento sobrante al día siguiente a la misma hora.

Una vez destetados a los 24 días, los lechones fueron trasladados a las cunas de destete y continuaron con el manejo regular de la granja. Se dispusieron en corrales de 22 animales cada uno, separados por tratamiento y con una densidad de 0,27 metros cuadrados por animal.

Al día 7 post destete, se pesaron los lechones de ambos grupos para determinar la ganancia de peso obtenida a ese momento.



## Variables evaluadas

**Ganancia de peso:** Se pesaron individualmente los animales al día del nacimiento, al destete y 7 días post destete. Para calcular los datos se utilizó las siguientes fórmulas:

$$\text{Peso Ganado 1 (kg)} = \text{Peso (kg) al destete} - \text{Peso (kg) al nacimiento}$$

$$\text{Peso Ganado 2 (kg)} = \text{Peso (kg) 7 días Post destete} - \text{Peso (kg) al destete}$$

**Consumo de alimento balanceado:** se midió todos los días a partir del día 11 de vida de los lechones y hasta el día del destete inclusive, para obtener un consumo acumulado total. El dato se calculó por medio de la diferencia entre lo que se sirvió y se recogió en el comedero.

$$\text{consumo alim. al día por lechon (kg)} = \frac{\text{kg alimento inicial} - \text{kg alimento sobrante}}{\text{número lechones con acceso al comedero}}$$

**Presencia de diarreas:** se llevó un registro diario (verificación 2 veces al día) de la presencia de diarrea en los lechones por camada, considerándose diarrea las excretas líquidas solamente. Los animales que presentaron diarreas fueron marcados con un crayón para controlar su progreso

**Porcentaje de mortalidad:** se llevó un registro diario y acumulado de las mortalidades de los lechones hasta el día del destete.

**Costo por kilogramo ganado por animal:** con este parámetro se midió el costo de cada kg producido por lechón, se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$\text{costo kg ganado} = \frac{((CPF1 * VF1) + (CPF2 * VF2) + (CPEA * VEA))}{TKP}$$

Donde;

CPF1: Consumo promedio de alimento de fase 1

VF1: Valor económico del alimento de fase 1

CPF2: Consumo promedio de alimento de fase 2

VF2: Valor económico del alimento de fase 2

CPEA: Consumo promedio del extracto de algas

VEA: Valor económico del extracto de algas

TKP: Total de kilogramos producidos por animal

## Análisis de la varianza

Para el análisis del peso se usó el siguiente modelo anidado:

$$Y_{ijklm(n)} = \mu + u_m + v_{m(n)} + P_i + S_j + T_k + t_l + Tt_{kl} + \epsilon_{ijklm(n)}$$

Donde:  $Y_{ijklm(n)}$  es el peso en el tiempo  $l$  del lechón  $n$ , de la cerda  $m$  que parió en la semana  $j$  y era de la categoría de partos  $i$ , y recibió en tratamiento  $k$

$\mu$  es el promedio general

$u_m$  es el efecto aleatorio de la camada  $m$

$v_{m(n)}$  es el efecto aleatorio del lechón  $n$  de la cerda  $m$

$P_i$  es el efecto de la  $i$ -ésima categoría de partos

$S_j$  es el efecto de la  $j$ -ésima semana de parto

$T_k$  es el efecto del  $k$ -ésimo tratamiento

$t_l$  es el efecto del  $l$ -ésimo momento de medición

$Tt_{kl}$  es el efecto de la interacción Tratamiento\*Tiempo

$\epsilon_{ijklm(n)}$  es el error aleatorio, correlacionado con mediciones anteriores, según una matriz de varianza-covarianza de medidas repetidas sin estructura.

Los análisis se corrieron en R 3.6.3 (R Core Team 2020) usando el paquete nlme (Pinheiro et al., 2020).

Las variables ganancia de peso y consumo de alimento balanceado acumulado, fueron modeladas con una distribución normal, usando una función de enlace de identidad. El porcentaje de diarreas y de mortalidad serán modelados usando una distribución binomial, con fusión de enlace lógico.

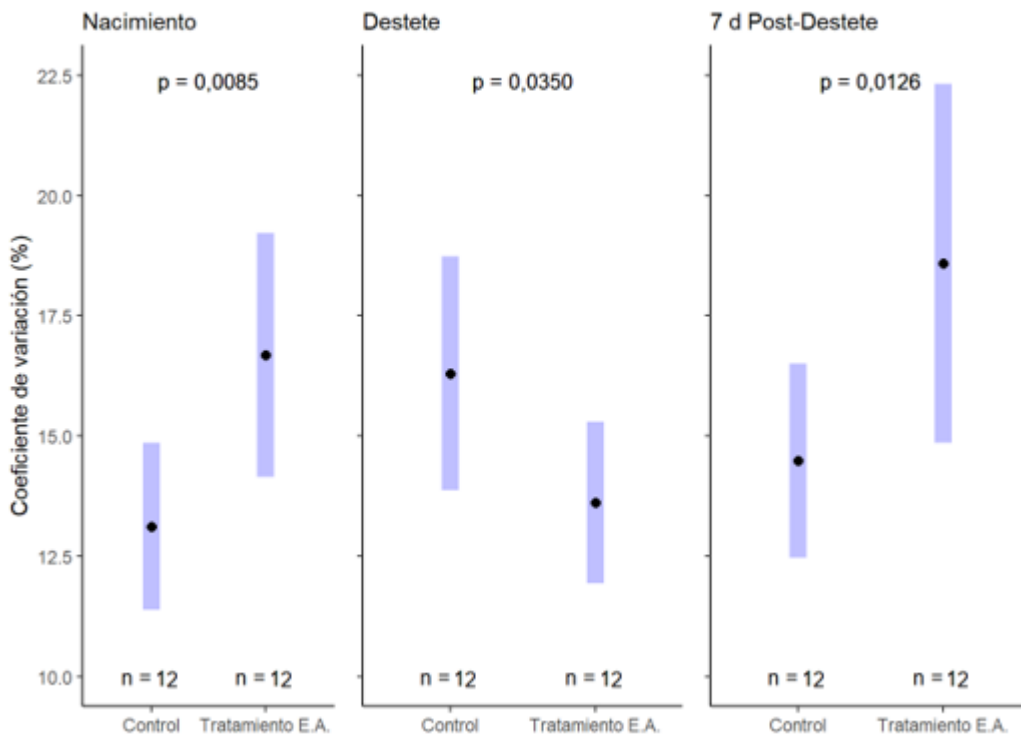
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Pesos al nacimiento, destete y siete días post destete.

En el Cuadro 3. Se presenta el resultado de los pesos promedio de los lechones del grupo testigo y del tratamiento por cada etapa medida. En la Figura 1 se observa el coeficiente de variación del peso de los lechones por pesaje en ambos grupos.

**Cuadro 3.** Peso promedio al nacimiento, destete y siete días post-destete de los lechones que recibieron la dieta control y suplementada con el extracto de algas

Momento de Pesaje	Control	Tratamiento E.A.	Valor-p
Nacimiento	1,52±0,07	1,59±0,07	0,49
Destete	6,55±0,12	7,02±0,12	0,01
7 días Post-Destete	7,13±0,14	7,39±0,14	0,18



**Figura 1.** Promedio e intervalo de confianza del coeficientes de variación de los pesos realizados a los lechones por tratamiento.

## **Peso al nacimiento**

El peso promedio al nacimiento de los lechones no presentó diferencia significativa entre ambos grupos, con ello se garantizó no tener una ventaja comparativa entre los grupos de tratamiento y control.

En cuanto al coeficiente de variación de los pesos de las camadas, como se puede ver en la Figura 1. Hay una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) obteniéndose un 13,1% y un 16,7% entre los grupos control y tratamiento con EA respectivamente.

## **Peso al destete.**

Los pesos promedio alcanzados por los lechones al destete del grupo tratamiento se encuentran dentro de lo esperado según la tabla de desempeño genético de la casa comercial Choice (2016), debido a que se esperan pesos de 7 a 9 kg entre el día 21 y día 28. No así por su parte el grupo testigo, porque el peso promedio de los lechones del grupo testigo fue de 6,55 kg.

El grupo de lechones en tratamiento obtuvo un peso promedio significativamente mayor de 470 gramos por cerdo durante la lactancia, en comparación con los animales que no recibieron EA. Esto representa un 7,2% más de peso en los lechones tratados con EA.

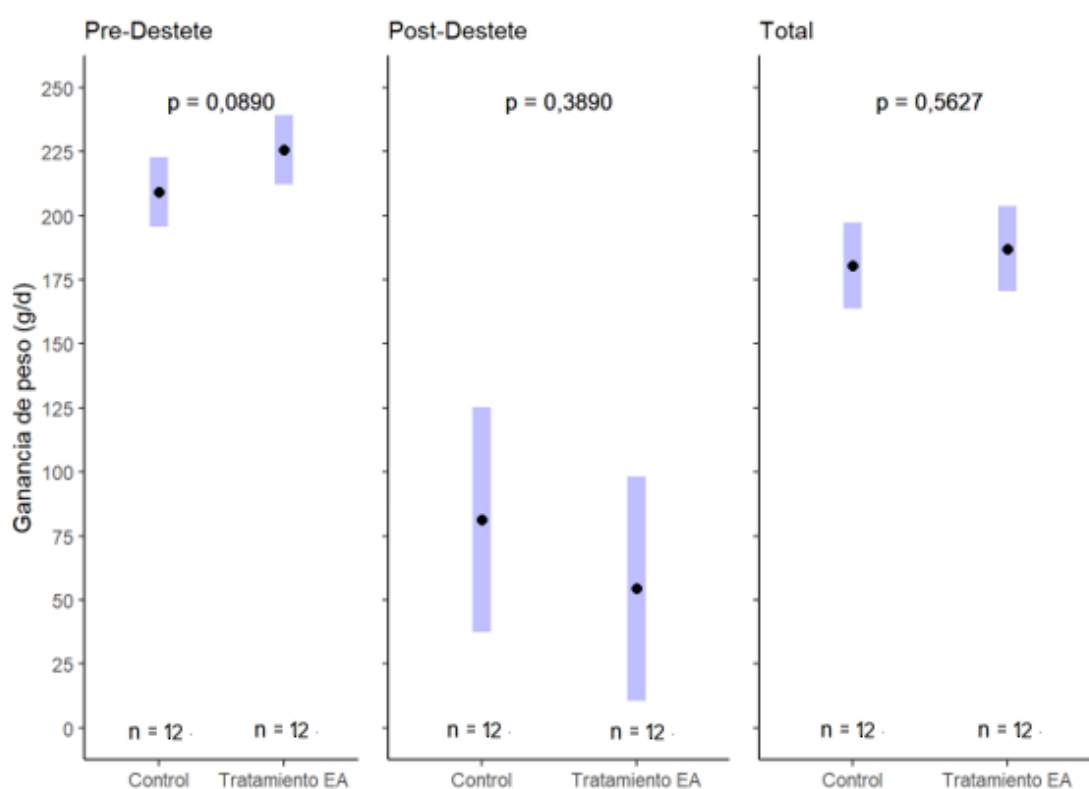
La diferencia en los pesos al destete se puede explicar por un mayor consumo de alimento balanceado por parte de los lechones y por ende un mayor aporte de nutrientes y energía. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Sulabo et al., (2007), en donde las camadas de los lechones que consumieron más alimento balanceado en la etapa de lactancia, llegaron al destete con mayores pesos.

Como se observa en la Figura 1. Existió una diferencia significativa en la variación de los pesos entre tratamientos ( $p < 0,05$ ). En el caso de los lechones del grupo control, aumentó en 3,2 unidades porcentuales con respecto al nacimiento, y para el grupo tratado con EA, el valor disminuyó en 3,1 unidades porcentuales comparado con el valor obtenido al nacimiento.

Esta disminución en la variación de los pesos de los lechones desde que nacen hasta el destete, permite realizar grupos más uniformes a la hora de juntar los cerdos para las

posteriores etapas productivas, generando una mejor adaptación al medio y consecuentemente mejores rendimientos productivos (Wientjes et al., 2013).

La ganancia de peso media diaria por animal durante el periodo de lactancia fue de 209,4 gramos y de 227,8 gramos para el grupo control y el grupo de lechones tratados con EA respectivamente (Figura 2). Esto representa para el tratamiento evaluado una ganancia promedio superior de 18,4 gramos al día por lechón, y a su vez, es un 8% más de peso diario por lechón.



**Figura 2.** Ganancia de peso promedio diaria de los lechones del grupo control y testigo en el periodo de lactancia y 7 días post destete.

Dichas ganancias de peso diarias se encuentran entre lo observado por Vásquez (2018), ya que los lechones tienen una capacidad de crecimiento diario de 180 g a 240 g durante la lactancia.

### **Peso a los 7 días post destete.**

El peso a los 7 días post destete no tuvo diferencia significativa entre los grupos de animales que consumieron el EA durante la lactancia y los lechones que no se les ofreció el producto (Cuadro 3). Aun así, los pesos se encuentran por debajo de los proyectados por la casa comercial de la genética Choice Genetics (2016), la cual menciona un peso entre 9kg a 11kg para la fase comprendida entre los días 28 y 35 de vida de los lechones.

El bajo peso se pudo dar debido a que los lechones no consumían el alimento ofrecido en su totalidad. Cieza (2017) menciona que en el periodo post destete puede inclusive ocurrir una pérdida de peso en los lechones por este motivo.

Existen diferentes razones por las que los lechones disminuyen el consumo de alimento balanceado post destete. Balfagón et al., (2014) encontraron una relación directa entre la digestibilidad de la dieta y el consumo de los animales, es decir a mayor digestibilidad mejores consumos por parte de los lechones. Riascos et al., (2014) por otro lado, mencionan que el cambio en la textura de líquido a sólido afecta la ingesta de los animales.

Como se puede ver en la Figura 1, el coeficiente de variación de los pesos promedios de los lechones vuelve a ser significativamente diferente ( $p < 0,05$ ). Se destaca que el grupo de lechones tratado con EA, desmejoró en 5 puntos porcentuales la homogeneidad en comparación con la medida realizada al destete. En el caso de los lechones del grupo control, su homogeneidad mejoró en 1,8 unidades porcentuales con respecto a la obtenida al destete.

La disminución del coeficiente de variación de los lechones del grupo tratado con EA después del destete, se puede explicar por el periodo de tiempo más largo tardado por los animales para reestablecer el consumo de alimento balanceado sólido. Esto es causado a su vez por la eliminación del saborizante presente en el EA ofrecido durante la lactancia de los lechones. Los lechones del grupo control tuvieron una mejora en la homogeneidad de los pesos porque consumían el mismo alimento durante los días previos al destete y posterior al mismo, ayudando a que superaran más rápidamente el desafío del destete.

## Consumo de alimento.

Hubo una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en el consumo promedio de alimento balanceado por camada durante la lactancia. Los lechones que consumieron el extracto de algas comieron en total 3,58 kg de alimento balanceado más en comparación con los que no lo recibieron (Cuadro 4). Ese dato representa un 97,8% más de consumo en la camada de los lechones que consumieron el EA.

**Cuadro 4.** Peso ganado (g) durante la etapa de lactancia y consumo alimento balanceado promedio por lechón y por tipo de alimento

Grupo	Consumo alimento balanceado total Lechón (g)	Peso ganado durante lactancia (g)	Consumo de Fase 1 (11-15 días) por lechón (g)	Consumo de Fase 2 (16-24 días) por lechón (g)	Consumo EA por lechón (g)	Índice de Conversión*
Control	333,18 <sup>a</sup>	5030	200	133,18	0	0,07
Tratamiento	659,34 <sup>b</sup>	5470	250	409,34	43,64	0,12

ab: columnas con letras distintas implican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según la prueba de Tukey

\* Índice de Conversión = alimento consumido / kg producidos

Como se puede ver en Cuadro 4, a nivel individual, los lechones del grupo tratamiento tuvieron un consumo total promedio superior al grupo de lechones control (diferencia 326,16 g). Hubo diferencias entre los consumos promedio por etapa por lechón de los diferentes grupos, donde hubo diferencias hasta de 50 g por lechón para la fase 1 y de 280 g para la fase 2, donde fue mayor para los animales que recibieron el tratamiento.

El índice de conversión alimenticia para el grupo control fue numéricamente menor que el tratamiento (Cuadro 4), este valor fue bajo debido a que se registró un bajo consumo de alimento balanceado, ya que los lechones recibían la energía y nutrientes requeridos por la leche de la cerda.

La cantidad de alimento balanceado consumido en la etapa de lactancia en este ensayo concuerda con el experimento realizado por Bruininx et al., (2002), donde los lechones consumieron 377 gramos promedio entre los días 11 y 28 de vida. Wellock et al., (2014)

coinciden en que el consumo en esta etapa de vida de los lechones, tiene como propósito principal adaptar el tracto gastrointestinal al alimento sólido y al desarrollo de las enzimas digestivas para las etapas futuras

Cole et al., (2000) mencionan que los cerdos que consumen menos de 400 gramos de alimento en lactancia pesan al destete 500 gramos menos que los lechones que consumen 600 gramos de alimento en el mismo periodo. Dicha información concuerda con lo obtenido en este ensayo donde la diferencia en el peso al destete fue de 480 gramos a favor de los lechones que consumieron el tratamiento con EA y los lechones control consumieron 333,1 gramos mientras que los del tratamiento con EA finalizaron la prueba con 659,3 gramos.

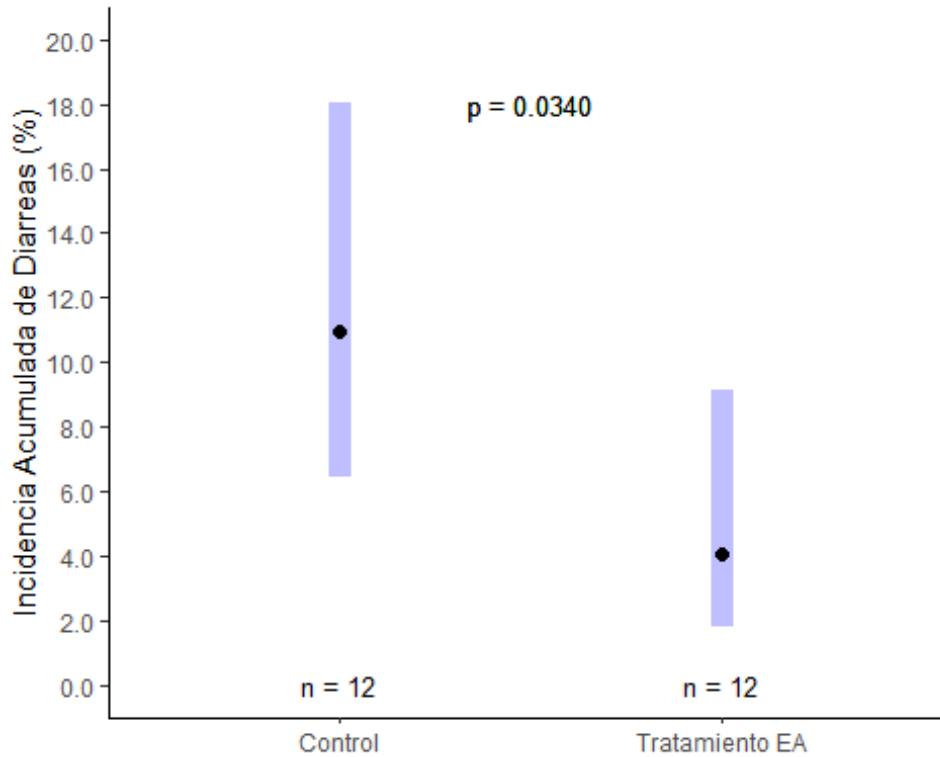
La diferencia en el consumo promedio de los lechones del grupo control y del grupo tratamiento se puede atribuir a la inclusión de los saborizantes presentes en el EA. Estos mejoran la palatabilidad del alimento, así mismo, la disminución de los efectos negativos en el consumo del alimento balanceado causados por los antibióticos (tartrato de Tilosina) y los aceites esenciales (timol, eugenol y carvacrol) presentes en la dieta (Merán, 2018).

Aunque el consumo de alimento en la etapa post destete no fue medido en este ensayo, los lechones sufrieron un estrés causado por el cambio de condiciones y se observó una disminución en el consumo del mismo, esto se reflejó en la baja ganancia de peso diaria y el peso registrado al día 7 después del destete.

### **Presencia de diarreas**

Como se puede observar en la Figura 3, existió una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en la presencia de diarreas acumuladas en la etapa de lactancia, presentando un menor porcentaje de lechones con diarreas para los animales que recibieron el extracto de algas.





**Figura 3.** Presencia acumulada de diarrea en lechones tratados con el EA y los lechones del grupo control.

Una menor presencia de diarreas en el grupo de animales que consumieron EA se puede atribuir a varios mecanismos de acción presentes en el producto: acidificantes, aminoácidos y azúcares de alta digestibilidad, concentración de sales hiperosmóticas y compuestos bioactivos de las algas como son los polifenoles y polisacáridos. (Igsol, 2019)

El extracto de algas incorpora aminoácidos y azúcares de alta digestibilidad para los lechones, evitando problemas digestivos en los animales y que estos últimos, puedan servir de sustrato para los patógenos oportunistas que se encuentran en el tracto gastrointestinal (Reis et al., 2012). Dicha inclusión genera una disminución en la presencia de diarreas en los lechones durante la etapa de lactancia.

Los acidificantes orgánicos incluidos en el producto de extracto de algas, ayudan a disminuir el pH del estómago de los lechones, lo cual mejora la digestibilidad de la proteína principalmente por la pepsina. Dicha enzima es dependiente del nivel de acidez para su activación, ocupándose un rango de 2 a 3,5 de pH para su normal funcionamiento (Denk et al., 2017).

La barrera intestinal está formada principalmente por las uniones estrechas intercelulares (proteínas como las ocludinas y claudinas) junto con una capa de epitelio columnar (Xun et al., 2018). Cuando esa barrera se hace más permeable, es decir se abren las uniones, especialmente por inflamación de la mucosa hay salida de agua y moléculas iónicas al lumen intestinal generando la diarrea.

Liu et al. (2008), confirmó que los procesos de inflamación en el intestino delgado de los lechones dependientes de las citoquinas pro-inflamatorias, tienen un efecto adverso sobre la integridad intestinal, aumentando la permeabilidad y las uniones entre los enterocitos. Dicha inflamación puede darse en condiciones de ayuno de los animales. Los datos obtenidos en este experimento concuerda con la información anterior, ya que los lechones que tuvieron un mayor consumo de alimento durante la etapa de lactancia, presentaron menos diarreas que los lechones del grupo testigo.

En un estudio realizado por Kim et al. (2019), se concluyó que la inclusión de  $\beta$ -Glucanos provenientes de algas marinas disminuyen la presencia de diarrea en los lechones por efecto directo sobre la permeabilidad de la membrana intestinal. Este es otro factor justificante de la disminución de la presencia de diarreas en los lechones que consumen extracto de algas comparado con el grupo de lechones control.

La utilización de soluciones hiperosmóticas (>300 mOsm/L) permite el intercambio de iones del lumen intestinal hacia el plasma (concentración osmótica promedio 300 mOsm/ L) por el proceso de difusión pasiva evitando que estos se pierdan. Esto se ha probado en terneros destetados al nacer por Bregadioli et al., (2017). El EA al tener una concentración superior a 300 mOsm/L, tiene el efecto de evitar la salida de las sales y agua del plasma al lumen intestinal, evidenciándose en la disminución de las diarreas en los lechones durante el consumo del producto.

Los extractos de algas tienen muchas aplicaciones positivas reconocidas en el ámbito de la nutrición animal. En el estudio realizado por O'shea et al., (2016) y por Lynch et al., (2009), se demostró su actividad de inhibición del crecimiento de enterobacterias a nivel intestinal en cerdos tratados hasta los 56 días de vida. En dichos estudios se mejoró con ello los parámetros productivos de peso y ganancia de peso promedio diaria en comparación con los lechones que no recibieron el EA.

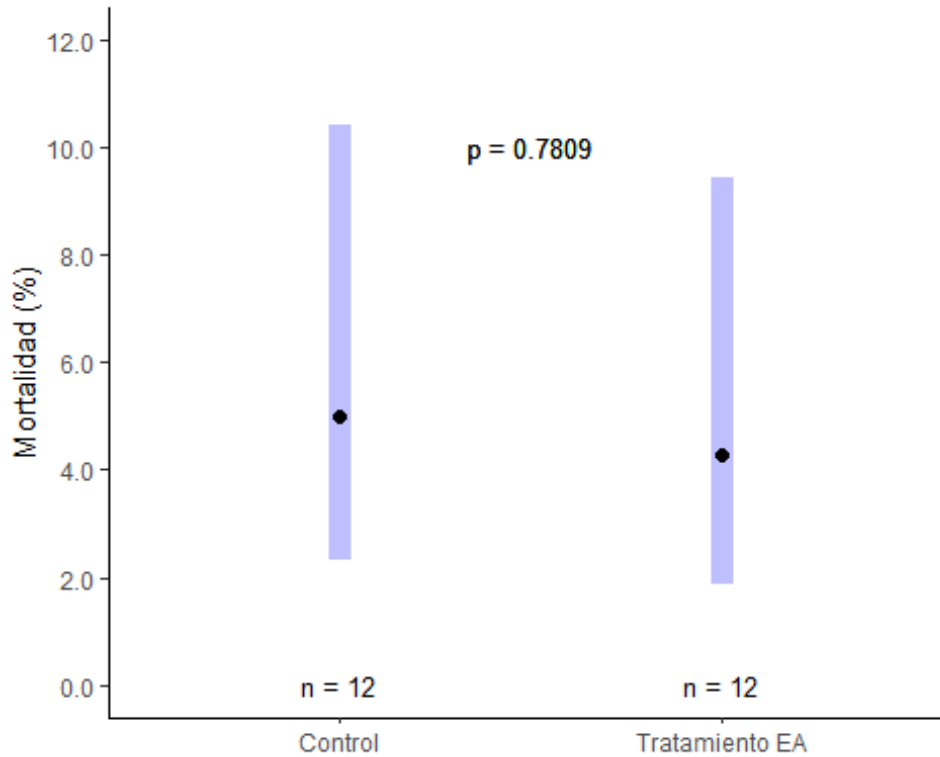
En un estudio *In Vitro* realizado por Dierick et al., (2010), se valoró la inclusión del alga *Ascophyllum nodosum* y su afectación sobre la *E. coli*, concluyéndose que la inclusión del alga disminuye el crecimiento y la multiplicación de las *E. coli*, así como también se ve una disminución en la actividad fermentativa intestinal.

Un efecto positivo de la inclusión de los extractos de algas en las dietas de lechones sobre la disminución de diarreas, es el aumento en los recuentos de lactobacilos y de la concentración de ácido butírico a nivel de intestinos y ciego (Sweeney et al., 2011). La disminución se da por un efecto de competencia entre las bacterias patógenas y las benéficas.

### **Mortalidad**

La mortalidad de los lechones durante la lactancia y los 7 días post destete no presentó una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los valores obtenidos. Dichos datos no concuerdan con los obtenidos por Sulabo et al., (2007), donde mencionan que los animales que consumieron más alimento balanceado obtuvieron mejores índices de sobrevivencia.

La cantidad de lechones muertos durante el periodo experimental en el grupo control fue de 7 animales, mientras que para el grupo tratado con EA fue de 6 animales (Figura 4). Esto representa un porcentaje de mortalidad de 5% y de 4,3% para el grupo control y para el grupo tratado con EA respectivamente.



**Figura 4.** Mortalidad acumulada de los lechones durante la lactancia por grupo de tratamiento.

Una baja cantidad de lechones muertos comparado con los lechones que presentaron diarreas, se da porque al encontrar lechón con diarrea líquida, se medicaba con antibiótico intramuscular inmediatamente después de tomar el dato.

### **Costo por kilogramo ganado por animal**

Como se puede observar en el Cuadro 5, el costo por kg ganado durante la etapa de lactancia entre los grupos de lechones tratados con EA y el grupo control fue de 172,4 colones mayor para el grupo que recibió el extracto de alga. El costo de alimentación del grupo control fue de 75,6% menor con respecto al grupo de lechones que recibieron el extracto de algas.

**Cuadro 5.** Costos en colones por lechón por tipo de alimento recibido y costo por kg ganado

Grupo	Costo F1	Costo F2	Costo EA	Total	kg ganados en lactancia	Costo por kg ganado
Control	182,2	97,2	0	279,4	5,0	55,6
Tratamiento	227,7	298,8	720,1	1246,6	5,5	228,0
Diferencia	45,5	201,6	720,1	967,2	0,5	172,4

Como se observa en el Cuadro 5, el costo de la F1 en el tratamiento fue mayor con respecto al grupo que no recibió el extracto de algas. Esto se debe a que los lechones del grupo tratamiento tuvieron un consumo mayor al grupo testigo, lo cual se vio reflejado en un mayor costo. La incorporación del extracto de alga, representa un costo extra por lechón además del concentrado, lo cual se ve reflejado en este costo por kilogramo ganado de aproximadamente un 58,2% del costo total.

El precio de venta por lechón al destete en la granja Farmaceba fue de aproximadamente 25 mil colones durante el experimento, con un promedio de 7 kg de peso vivo, es decir, 3571 colones por kg de lechón (Madrigal 2020)<sup>1</sup>. Partiendo de estos datos, los 0,5kg obtenidos al ofrecer el EA tendrían un valor de 1786 colones, lo que supera la diferencia en costos de aplicación del producto de 967 colones (Cuadro 4). Esto representaría un beneficio neto de 819 colones por lechón al destete, al utilizar el extracto de algas durante el periodo de lactancia.

Para granjas con el ciclo de producción completo, esa diferencia de aproximadamente 500 gramos más en el peso al destete, representa un crecimiento más acelerado de los animales, dando como resultado peso a mercado en menor tiempo o una diferencia en pesos finales de hasta 13 kilogramos (Dunshea et al 2003, Vásquez 2018).

Si los animales salieran 1 semana antes a cosecha con el peso ideal, el ahorro sería de 19 kg de alimento balanceado, lo cual representaría 4807 colones (costo kg de alimento etapa final 253 colones en la granja Farmaceba)<sup>1</sup> teniendo una tasa de retorno de 6,6 veces con respecto al costo del producto como tal.

<sup>1</sup> Madrigal, R. (2020). Comunicación personal. Propietario de la Granja Farmaceba. Costa Rica

## CONCLUSIONES

La utilización del extracto de algas mejoró el consumo de alimento balanceado por parte de los lechones en un promedio de 326,16 gramos por lechón, y esto a su vez generó un promedio de 470 gramos más de peso en los cerdos al destete. A los 7 días post destete, el peso de los lechones se equiparó.

Hubo una mejora de 6,9 puntos porcentuales en la disminución de diarreas en los lechones de lactancia con la utilización del extracto de algas.

El costo económico total en la dieta de los lechones con la utilización del producto fue de 967,2 colones más alto si se compara con la dieta normal sin el EA. Sin embargo, se deben considerar los beneficios en la salud intestinal de los lechones y la mejora en las tasas de crecimiento.

## **RECOMENDACIONES**

Realizar otra investigación para valorar la rentabilidad de la inclusión del extracto de algas durante un periodo más largo en el post destete y/o en las etapas de engorde, así como hacer una reducción gradual al quitar el producto de la dieta, para tratar de disminuir el impacto negativo en el consumo post tratamiento

Evaluar el efecto de la inclusión del extracto de algas sobre los efectos que pueda tener sobre los parámetros productivos y reproductivos de las cerdas reproductoras.

Incluir el extracto de algas en la dieta de los lechones durante el periodo de lactancia, realizando una disminución paulatina a la hora de suspender el producto.

## LITERATURA CITADA

Balfagón, A.; Jiménez, E. 2014. Nuevos avances en alimentación y nutrición porcina: bases científicas y alimentación práctica en la Península Ibérica. XXX Curso de Especialización Madrid, España 5 y 6 de noviembre. FEDNA 91–123.

Beaulieu, A.; Aalhus, J.; Williams, N.; Patience, J. 2010. Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality pork. *Journal of Animal Science*, 88: 2767-2778.

Bregadioli, G.; Fajardo, P.; Pereira, P.; Keller, K.; Marques da Costa, F.; Dantas, J.; Filho, R.; Augusto, J.; Lisboa, N. 2017. Enteral fluid therapy in neonatal calves and features of commercially available electrolyte solution en Brazil. *Revista Ciencia Rural*. 47:7. Pp 1-8

Bruininx , E.M.A.M; Binnendijk, G.P.; Van der Peet-Schwering. C.M.C.; Schrama, J.; Den Hartog, L.; Everts, H.; Beynen, A.; (2002). Effect of creep feed consumption on individual feed intake characteristics and performance of group housed weanling pigs. *Journal of Animal Science*. 80. 1413-1418.

Butler, J.; Lager, K.; Splichal, I.; Francis, D.; Kacskovics, I.; Sinkora, M.; Werts, N.; Sun, J.; Zhao, Y.; Brown, W.; Dewald, R.; Dierks, S.; Muildermans, S.; Lunney, J.; McCrey, P.; Rogers, C.; Welsh, M.; Navarro, P.; Klobasa, F.; Habe, F.; Ramsoondar, J. 2009. The pigles as a model for B cell and immune system development. *Veterinary Immunology and immunopathology*, 128(1-3): 147–170. doi:10.1016/j.vetimm.2008.10.321

Caltempa, D. 2008. Diarrea postdestete en Lechones. Tesis de grado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 1-36

Campabadal, C. 2009. Guía técnica para alimentación de cerdos. Imprenta Nacional. Asociación Americana de Soya. Costa Rica. Pp. 1-46

Capdevila, P. 2006. Alimentación de cerdas lactantes I. 3tres3 La página del cerdo. España. (En Línea). Visitado 22 de julio 2020. Disponible en:



[http://www.3tres3.com/alimentacion\\_cerda/alimentacion-de-cerdas-lactantes-i\\_1636/](http://www.3tres3.com/alimentacion_cerda/alimentacion-de-cerdas-lactantes-i_1636/)

Choice Genetics. 2016. Manual de recomendaciones nutricionales (Sistema métrico). Estados Unidos. (En Línea). Visitado 4 marzo 2020. Disponible en:  
<http://choice-genetics.com/wp-content/uploads/2018/04/manual1-metric.pdf>

Climate-Data.Org. SF. (En Línea). Visitado 3 de agosto 2020. Disponible en:  
<https://es.climate-data.org/america-del-norte/costa-rica/alajuela/san-ramon-28851/>

Cole, M.; Varley, M. 2000. Recent advances in the feeding and nutrition of the piglet. In: seminario internacional de suinocultura 5. Sao Paulo, Brasil. Pp. 37 – 68.

Denk, F.; Hilgemberg, J.; Lehnen, C. 2017. Uso de acidificantes em dietas para leitões em desmame e creche. Archivos de zootecnia. 66: 256. 629-638

Deville, C.; Gharbi, M.; Dandrifosse, G.; Peulen, O. 2007. Study on the effects of laminarin, a polysaccharide from seaweed, on gut characteristics. Journal of the Science of Food and Agriculture. 87. Pp. 1717-1725

Dierick, N.; Ovyim, A.; De Smet, S. 2010. In vitro assessment of the effect of intact marine brown macro algae *Ascophyllum nodosum* on the gut flora of piglets. Livestock Science. 133. pp. 154-156

Dunsha, F.; Kerton, J.; Cranwell, D.; Campbell, G.; Mullan, P.; King, H.; (2003). Life-time and post-weaning determinants of performance indices of pigs. Australian Journal of. Agricultural. 54: pp. 363-370.

Gasa, J.; Sola-Oriol, D. 2016. Avances en la alimentación y manejo de cerdas hiperprolíficas durante la lactancia. XXXII Curso de especialización FEDNA 3 y 4 de noviembre. Madrid, España. 77-116

Giraldo, E. 2018. Evaluación de la viabilidad del lechón con bajo peso al nacimiento mediante la aplicación parental de productos modificadores orgánicos. Tesis de grado. Corporación Universitaria Lasallista. Colombia. Pp.10-31

Igusol. 2019. Ficha técnica Greentonic. Disponible en: <http://www.greentonic.es/es/greentonic>

INEC. 2015. Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadística y Censos, VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados generales. San José, Costa Rica. Pp 146

Kim, S.; Weaver, A.; Shen, Y.; Zhao, Y. 2013. Improving efficiency of sow productivity: nutrition and health. *Journal of Animal Science and biotechnology*. 4(26): pp. 1-8

Kinejara, A.; Barreras, A.; Soto, J.; Sánchez, E.; Herrera, J. 2016. Largo de lactancia (LL) e intervalo destete servicio (IDS) y su relación con la productividad subsecuente de la hembra porcina en un sistema de producción intensivo. *Acta Universitaria*. 26(4): 36-43

Kogan, G.; Kocher, A. 2007. Role of yeast cell wall polysaccharides in pig nutrition and health protection. *Livestock Science*. 109. pp. 161–165.

Lauridsen, C. 2015. Nutritional strategies for the prevention of colibacillosis in young pigs, effects on immune response, digestive health and growth. XXXI Curso de especialización Fedna. 11-12 de noviembre. Madrid, España.

Llopiz, A. 2016. Compuestos Bioactivos aislados de cianobacterias y microalgas: propiedades y aplicaciones potenciales en biomedicina. *Revista Bionatura*. 1(2): 79-87

Liu, Y.; Huang, J.; Hou, Y.; Zhu, H. 2008. Dietary arginine supplementation alleviates intestinal mucosal disruption induced by E. Coli lipopolysaccharide in weaned pigs. *British Journal of Nutrition*. 100: 3. Pp. 552-560

Lynch, M.; Sweeney, T.; Callan, J.; O'Sullivan, J.; O'Doherty, J. 2009. The effect of dietary Laminarina derived laminarin and fucoidan on nutrient digestibility, nitrogen utilization, intestinal microflora and volatile fatty acid concentration in pigs. *Journal Science of Food and Agriculture*. 90. Pp. 430-437

Martínez, L. 2015. Efecto de la cantidad de piensos de arranque y continuación

consumidos sobre el crecimiento de lechones destetados de diferentes tamaños. Máster en producción animal. Universidad Politécnica de Valencia. España.

Merán, J. (2018). Aditivos sensoriales en piensos de lechones de transición: respuesta del rendimiento productivo. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia España.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 2016. Mercado de Carne de Cerdo. San José, Costa Rica. (En línea). Consultado el: 3 enero del 2019. Disponible en:

<http://www.mag.go.cr/informacion/doc.%20programa%20cerdos/Estadisticas-Cerdos-CNP-ENE-NOV2016.pdf>

Molist, F. 2018. Programas de alimentación y necesidades nutricionales del lechón en ausencia de antibióticos. XXXIV curso de especialización Fedna. Madrid, España.

Morrison, R.; Pluske, J.; Smits, R.; Henman, D.; Collins, C. 2008. Creep Feeding-weaning age interactions with creep feeding. In feed intake innovations cooperative Research centre, section 2B. Report 3-3 Australia

Muns, R.; Magowan, E. 2018. The effect of creep feed intake and starter diet allowance on piglets' gut structure and growth performance after weaning. Journal of Animal Science 96.9. 3815-3823.

O'shea, C.; O'Doherty, J.; Callanan, J.; Doyle, D.; Thornton, K.; Sweeney, T. 2016. The effect of algal polysaccharides laminarin and fucoidan on colonic pathology, cytokine gene expression and enterobacteriaceae in a dextran sodium sulfate-challenged porcine model. Journal of nutritional science. 5 (15). Pp 1-9.

Parsi, J.; Bocco, O.; Macor, L.; Troillet, J.; Grivel, C.; Rossi, D.; Milanesio, L.; Echeverría, A. 2016. Desempeño productivo de lechones destetados con bajo peso alojados en instalaciones de producción al aire libre. Revista Electrónica de Veterinaria. 17(9). Pp. 1-10

Pérez, J.; Nofrías, M. 2008. Influencia de la nutrición sobre la patología digestiva del lechón. XXIV Curso de especialización FEDNA: 23 y 24 de octubre. Madrid, España. 81-105

Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D, R Core Team. 2018. *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-137. Disponible: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>.

Prieto, M.; Amanto, F.; Fernández, P. 2017. Impacto del uso de levadura viva, pared de levadura y combinación de ambas en cerdas, sobre la calidad y producción de calostro y la performance productiva del lechón. Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires. Tandil, Argentina.

Quiles, A.; Hevia, M. 2008. Colibacilosis Porcina. Departamento de Producción Animal. Universidad de Murcia. Facultad de Veterinaria. (En línea). Consultado el: 21 enero del 2019. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/322656661\\_COLIBACILOSIS\\_PORCINA](https://www.researchgate.net/publication/322656661_COLIBACILOSIS_PORCINA)

R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible: <https://www.R-project.org/>.

Reis, T.; Mariscal, G.; Escobar, K.; Aguilera, A.; Magné, A. 2012. Cambios nutrimentales en el lechón y desarrollo morfofisiológico de su aparato digestivo. *Revista Vet Mex.* 43(2):155-173 (En línea). Consultado el: 21 enero del 2020. Disponible: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/contenido.cgi?IDPUBLICACION=3829>

Rendón, L.; Ramirez, M.; Vélez, Y. 2013. Microalgas para la industria alimenticia. Editorial Universidad Pontificia Bolivariana (En línea). Consultado 20 de agosto 2020. Disponible: [https://www.researchgate.net/profile/Margarita\\_Carmona/publication/299769593\\_Microalgas\\_para\\_la\\_industria\\_alimenticia/links/5705165a08ae44d70ee30760.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Margarita_Carmona/publication/299769593_Microalgas_para_la_industria_alimenticia/links/5705165a08ae44d70ee30760.pdf)

Riascos, A.; Orozco, C.; Losada, D. 2014. Determinación de destete óptimo de lechones (*Sus scrofa domesticus*) en la Unidad Porcicola del Centro Agropecuario de Buga. *Revista Sennova.* 1(1): 12-29.

Roth, F. 2000. Ácidos orgánicos en nutrición porcina: eficacia y modo de acción. XVI

Curso de especialización Fedna. Madrid, España.

Rubio, S. 2018. Efecto de la fuente de proteína dietética sobre la digestibilidad de los nutrimentos en lechones destetados. Tesis de maestría . Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Santomá, G.; Pontes, M. 2011. ¿Qué medidas nutricionales tomar ante la productividad de la cerda actual? 1ª Parte. XXVII Curso de especialización Fedna. 17 y 18 de noviembre. Madrid, España.

Sulabo, R.; Jacela, J.; Wiedemann, E.; Tokach, M.; Nelssen, J.; DeRouchey, J.; Goodband, R.; Dritz, S. 2007 Effects of lactation feed intake and creep feeding on sow and piglet performance. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports: 10. pp. 24-37

Sweeney, T.; Dillon, S.; Fanning, J.; Egan, J.; O'Shea, C.; Figat, S.; Gutierrez, J.; Mannion, C.; Leonard, F.; O'Doherty, J. 2011. Evaluation of seaweed derived polysaccharides of microbiota in newly weaned pigs challenged with *Salmonella typhimurium*. Animal Feed Science and Technology. 165. pp. 85-94

Sweeney, T.; O'Doherty, J. 2016. Marine macroalgal extracts to maintain gut homeostasis in the weaning piglets. Domestic Animal Endocrinology. 56. pp.84-89

Thaker, M.; Bilkei, G. 2005. Lactation weight loss influences subsequent reproductive performance of sows. Animal Reproduction Science.88. Pp 309-318

Tokach, M.; Goodband, R.; Nielssen, J.; Kats, L. 1992. Influence of weaning weight and growth during the first week postweaning on subsequent performance. Kansas State University. Swine day. 15-17

Vásquez, S. 2018. Rendimiento de cría de lechones según categoría de peso al destete. Tesis de grado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.

Wellock, I.; Almond, K.; Toplis, P.; Wilcock, P. 2014. Nuevos avances en la nutrición y alimentación de lechones – el punto de vista del nutricionista del norte de Europa. XXX Curso

de especialización FEDNA: 5 y 6 de octubre. Madrid, España.127-142.

Wientjes, J.; Soede, N.; Knol, E.; Van der Brand, H.; Kemp, B. 2013. Piglet birth weight and litter Uniformity: effects of weaning-to-pregnancy interval and body condition changes in sow of different parities and crossbred lines. Tesis de doctorado. Universidad de Wageningen, Países Bajos. 149-210

Xun, W.; Shi, L.; Zhou, H.; Hou, G. 2018. Effect of weaning age on intestinal mucosal morphology, permeability, gene expression of tight junction proteins, cytokines and secretory IgA in Wuzhishan mini piglets. Italian Journal of Animal Science. 17. 976-983