



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
“MANUEL FÉLIX LÓPEZ”**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO**

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FITASA (*Myo-  
inositol hexafosfato fosfohidrolasas*) EN DIETAS PARA CERDOS  
DE INICIO DE 49 A 70 DÍAS DE EDAD**

**AUTOR:**

**DUEÑAS VELIZ PEDRO JAVIER  
PINARGOTE GÓMEZ EDUARDO ENRIQUE**

**TUTOR:**

**MED. VET. ZOOT. GUSTAVO ADOLFO CAMPOZANO MARCILLO,  
MG.**

**CALCETA, FEBRERO DE 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **DUEÑAS VELIZ PEDRO JAVIER** con cédula de ciudadanía **1313885293** y **PINARGOTE GÓMEZ EDUARDO ENRIQUE** con cédula de ciudadanía **1313899583**, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FITASA (*Myo-inositol hexafosfato fosfohidrolasas*) EN DIETAS PARA CERDOS DE INICIO DE 49 A 70 DÍAS DE EDAD** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



---

**DUEÑAS VELIZ PEDRO JAVIER**

**CC: 1313885293**



---

**PINARGOTE GOMEZ EDUARDO ENRIQUE**

**CC: 1313899583**

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

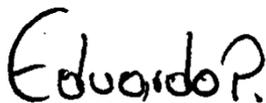
Nosotros, **DUEÑAS VELIZ PEDRO JAVIER**, con cédula de ciudadanía **1313885293** y **PINARGOTE GÓMEZ EDUARDO ENRIQUE**, con cédula de ciudadanía **1313899583**, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FITASA (*Myo-inositol hexafosfato fosfohidrolasas*) EN DIETAS PARA CERDOS DE INICIO DE 49 A 70 DÍAS DE EDAD**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



---

**DUEÑAS VELIZ PEDRO JAVIER**

**CC: 1313885293**



---

**PINARGOTE GOMEZ EDUARDO ENRIQUE**

**CC: 1313899583**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

**MG. GUSTAVO ADOLFO CAMPOZANO MARCILLO**, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FITASA (*Myo-inositol hexafosfato fosfohidrolasas*) EN DIETAS PARA CERDOS DE INICIO DE 49 A 70 DÍAS DE EDAD**, que ha sido desarrollado por **DUEÑAS VELIZ PEDRO JAVIER** y **PINARGOTE GÓMEZ EDUARDO ENRIQUE**, previo a la obtención del título de **MÉDICO VETERINARIO**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**Mg. GUSTAVO ADOLFO CAMPOZANO MARCILLO**

**CC: 1311508731**

**TUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FITASA (*Myo-inositol hexafosfato fosfohidrolasas*) EN DIETAS PARA CERDOS DE INICIO DE 50 A 70 DÍAS DE EDAD**, que ha sido desarrollado por **DUEÑAS VELIZ PEDRO JAVIER** y **PINARGOTE GÓMEZ EDUARDO ENRIQUE**, previo a la obtención del título de **MÉDICO VETERINARIO**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**Ing. CARLOS OCTAVIO LARREA IZURIETA, Mg**

**CC: 0603029190**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**Med.Vet. MAURO MANABÍ GUILLEN MENDOZA, Mg**

**CC: 1305280305**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Med.Vet. MARÍA K. LÓPEZ RAUSCHEMBERG, Mg.**

**CC: 1308698016**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día; a mis Padres Aparicio Dueñas y Lucia Veliz que ellos han sido fundamental para que yo pueda seguir con mi formación académica, por la formación personal y por la motivación que ellos ejercen en mi persona y a mi novia Rubí Bravo que ayudo a que se ejecutara el proceso de esta investigación, a los Docentes que han ayudado a formarme brindando sus conocimientos y experiencias para contribuir en la sociedad, a mi Abuela Antonia Mera que ella también ha sido un pilar muy importante.

**DUEÑAS VELIZ PEDRO JAVIER**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de formarme como profesional y ser humano de bien con principios lo cual ha contribuido a mis conocimientos para ser un profesional; a mis Padres que han sido la principal razón por la que estoy donde estoy y por la que siempre continuo adelante, a los Docentes que han guiado el camino correcto, gracias a sus experiencias como profesionales.

**PINARGOTE GOMEZ EDUARDO ENRIQUE**

## **DEDICATORIA**

A mis padres que han contribuido y son la base indispensable para formarme como profesional, a su contribución emocional, económica y espiritual para poder ser un profesional que tenga los conocimientos para el desarrollo y el aporte a la sociedad por eso y más es dedicado para mis padres.

**DUEÑAS VELIZ PEDRO JAVIER**

## **DEDICATORIA**

A mis padres y a mi hermano que han contribuido en todas las partes que conllevan para formación desde lo económico hasta lo personal, para poder ser personas que contribuyan a la sociedad mediante los conocimientos adquiridos, por eso todo este trabajo final como pieza fundamental para la formación es dedicado a ellos.

**PINARGOTE GOMEZ EDUARDO ENRIQUE**

## CONTENIDO GENERAL

DERECHO DE AUTORÍA .....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
CONTENIDO GENERAL .....	x
CONTENIDO DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
PALABRAS CLAVE .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
KEYS WORD .....	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3. OBJETIVOS .....	4
1.3.1. OBJETIVOS GENERALES .....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.4. HIPÓTESIS .....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. PRODUCCIÓN DE CERDOS EN EL ECUADOR .....	5
2.2. ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN DE LOS CERDOS .....	5
2.3. FÓSFORO .....	6
2.3.1. EL FÓSFORO EN EL MEDIO AMBIENTE .....	6
2.4. FACTORES ANTI NUTRICIONALES .....	7
2.4.1. FITATO .....	8
2.4.1.1. ESTRUCTURA .....	8
2.4.1.2. DISTRIBUCIÓN Y FUNCIÓN EN LAS PLANTAS .....	8

2.5. FITASAS.....	11
2.5.1. FUENTES DE FITASA Y SUS CARACTERÍSTICAS .....	12
2.5.2. SUPERDOSIS DE FITASAS .....	13
2.5.3. DIGESTIBILIDAD DE LA FITASA.....	14
2.5.4. UTILIZACIÓN DE FITASAS EN DIETAS DE PORCINOS.....	14
2.5.5. FACTORES RELACIONADOS CON LA FITASA.....	15
2.5.5.1. FACTORES RELACIONADOS CON EL ANIMAL .....	15
2.5.5.2. FACTORES RELACIONADOS CON EL PIENSO .....	16
CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO.....	17
3.1. UBICACIÓN.....	17
3.1.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	17
3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO.....	17
3.3. MÉTODOS, TÉCNICAS.....	17
3.3.1. MÉTODOS.....	17
3.3.1.1. MÉTODO EXPERIMENTAL.....	18
3.3.1.2. DOCUMENTAL- BIBLIOGRÁFICO.....	18
3.3.2. TÉCNICAS .....	18
3.3.2.1. TÉCNICA DE CAMPO .....	18
3.3.2.2. TÉCNICA ESTADÍSTICA.....	18
3.4. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	18
3.5. VARIABLES A MEDIR.....	19
3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	19
3.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES .....	19
3.5.2.1. VARIABLES PRODUCCIÓN.....	19
3.5.2.2. VARIABLES DE SALUD.....	19
3.5.2.3. VARIABLE ECONÓMICA .....	19
3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	19
3.6.1. ACTIVIDAD 1. SELECCIÓN Y DESINFECCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	20
3.6.2. ACTIVIDAD 2. SELECCIÓN DE LOS GRUPOS DE ESTUDIO.....	20
3.6.3. ACTIVIDAD 3. ALOJAMIENTOS DE LOS LECHONES .....	20
3.6.4. ACTIVIDAD 4. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS SANGUÍNEAS .....	21

3.6.5. ACTIVIDAD 5. ALIMENTACIÓN DE LOS GRUPOS DE ESTUDIO ..	21
3.6.6. ACTIVIDAD 6. PESO DE LOS CERDOS .....	23
3.6.5.1. PESO VIVO PROMEDIO SEMANAL .....	23
3.6.5.2. GANANCIA DE PESO VIVO SEMANAL .....	24
3.6.5.3. CONSUMO DE ALIMENTO SEMANAL .....	24
3.6.5.4. CONVERSIÓN ALIMENTICIA .....	24
3.6.6. ACTIVIDAD 8. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	24
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	25
3.7.1. ADEVA .....	26
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	26
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
4.1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS .....	27
4.1.1. PESO INICIAL, SEMANAL Y FINAL DE LOS CERDOS .....	27
4.1.2. GANANCIA DE PESO SEMANAL .....	27
4.1.3. CONVERSIÓN ALIMENTICIA SEMANAL .....	29
4.2. HEMOGRAMA .....	30
4.3. RELACIÓN COSTO/BENEFICIO .....	32
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	33
5.1. CONCLUSIONES .....	33
5.2. RECOMENDACIONES .....	33
BIBLIOGRAFÍA .....	34
ANEXOS .....	39

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Total, de fósforo y fitato en materias primas .....	10
<b>Tabla 3.1.</b> Condiciones climáticas.....	17
<b>Tabla 3.2.</b> Fórmula de balanceados con dosis de fitasa con concentración de 500 FTU/kg.....	22
<b>Tabla 3.3.</b> Fórmula de balanceados con dosis de fitasa con concentración de 1600 FTU/kg.....	22
<b>Tabla 3.4.</b> Fórmula de balanceados con dosis de fitasa con concentración de 2500 FTU/kg.....	23
<b>Tabla 3.5.</b> Análisis de varianza .....	26
<b>Tabla 4.1.</b> Efectos de los diferentes niveles de fitasa sobre el peso (kg) en cerdos de inicio. ....	27
<b>Tabla 4.2.</b> Efectos de los diferentes niveles de fitasa sobre la ganancia de peso (kg) en cerdos de inicio.....	28
<b>Tabla 4.3.</b> Efectos de los diferentes niveles de fitasa sobre la conversión alimenticia (kg/kg) en cerdos de inicio.....	29
<b>Tabla 4.4.</b> Hematología de los cerdos de inicio al comenzar y al finalizar el estudio.....	30
<b>Tabla 4.5.</b> Valores hematológicos referenciales en cerdos destetados. ....	31
<b>Tabla 4.6.</b> Relación beneficio de la inclusión de diferentes niveles de fitasa en dieta de cerdos de inicio.....	32

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar los parámetros productivos y de salud en cerdos de etapa de inicio con diferentes niveles de fitasa (*Myo-inositol hexafosfato fosfohidrolasas*). Se evaluaron 16 cerdos, divididos en 4 tratamientos con distintas concentraciones de fitasa y un testigo (T0=0FTU/kg, T1=500FTU/kg, T2=1600 FTU/kg y T3=2500 FTU/kg). Se realizó la extracción de muestras sanguíneas para evaluar las variables de salud al principio y al final del estudio. Los parámetros productivos a medir fueron peso inicial, peso semanal, peso final, ganancia de peso semanal, y conversión alimenticia. Los parámetros de salud a medir fueron hematocritos, hemoglobina, plaquetas y leucocitos. Se aplicó un diseño completamente aleatorizado y a las variables que mostraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) se aplicó el test de Tukey al 95% de confianza. No existió diferencias significativas entre los tratamientos en el peso de los cerdos, pero si en la ganancia de peso y la conversión alimenticia. El T3 fue estadísticamente superior al T0 en ganancia de peso y conversión alimenticia, y numéricamente superó a los demás tratamientos en dichos parámetros. En parámetros de salud, no existió diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos y se encontraron dentro de los de referencia. En la relación costo-beneficio, el T3 fue superior, exhibiendo un beneficio del 30% en relación con la inversión realizada. Se concluye que, la inclusión de fitasa a niveles de 2500FTU/kg mejora los parámetros productivos y la estimación de beneficio a comparación de la no adición o inclusiones bajas de fitasa.

## PALABRAS CLAVE

Fitasa, parámetros productivos, fitato, antinutricional

## ABSTRACT

This research aimed to assess productive and health parameters in early-stage pigs with varying levels of phytase (myo-inositol hexaphosphate phosphohydrolases). Sixteen pigs were divided into 4 treatments with different phytase concentrations and a control (T0=0FTU/kg, T1=500FTU/kg, T2=1600 FTU/kg, and T3=2500 FTU/kg). Blood samples were collected for health assessments at the beginning and end of the study. Productive parameters measured included initial weight, weekly weight, final weight, weekly weight gain, and feed conversion. Health parameters measured included hematocrit, hemoglobin, platelets, and leukocytes. A completely randomized design was applied, and variables showing significant differences ( $P<0.05$ ) underwent Tukey's test at a 95% confidence level. There were no significant differences in pig weight between treatments, but differences were observed in weight gain and feed conversion. T3 was statistically superior to T0 in weight gain and feed conversion, numerically surpassing other treatments. Regarding health parameters, no significant differences ( $P>0.05$ ) were found among treatments, and they fell within reference ranges. In the cost-benefit analysis, T3 showed superiority, exhibiting a 30% benefit compared to the investment. In conclusion, the inclusion of phytase at levels of 2500FTU/kg improves productive parameters and benefit estimation compared to no addition or low phytase inclusions.

## KEYS WORD

Phytase, productive parameters, phytate, antinutritional

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con Flores *et al.* (2009) en la dieta de porcinos hay una gran presión económica en el uso de materias primas nutritivamente densas (granos de cereales y pasta de soya), los alimentos que son de origen vegetal que se han conocido como opcionales, son básicamente más abundantes en paredes celulares o hidratos de carbono estructurales, lo que minora su aprovechamiento. Los mismos autores mencionan que el sistema digestivo de los porcinos no está capacitado para desglosar los polisacáridos no amiláceos o, el fitato cuya ruptura depende de la acción bacteriana en el colon, donde los nutrientes no son del todo asimilados por el cerdo.

Leiva *et al.* (2016) determinó que el fósforo encontrado en los alimentos se puede hallar en forma orgánica o inorgánica. En las dietas de origen vegetal, el fósforo se halla en su mayor parte en forma orgánica, siendo el ácido fítico (IP6) el más encontrado, entre un 60-80% del fósforo total hay en los granos y subproductos, se haya formado el IP6 y sus sales (fitatos de calcio (Ca), potasio (K) y magnesio (Mg)) (Domínguez *et al.*, 2002). Tanto que, en las dietas de origen animal, el fósforo inorgánico es el elemento de mayor abundancia hallándose en forma de ortofosfatos ( $PO_4^{3-}$ ) siendo ésta la única forma en que los animales pueden aprovechar y hacer uso del fósforo (Patiño *et al.*, 2012).

Según Dersjant-Li y Dusel (2019) desde la parte práctica se admite que la disposición del fósforo inorgánico y del fósforo orgánico no fítico es parecida y cercana al 100% (rango 80-100%) y por el contrario, se toma en cuenta que el fósforo fítico no se aprovecha en los animales monogástricos (aves y cerdos) añadiendo un valor de 0, y se asimila que el contenido en fósforo fítico de todas las materias primas de origen vegetal es del 70% del fósforo total.

Todos estos antecedentes permiten plantear la siguiente interrogante:

¿Los diferentes niveles de fitasa en la dieta para cerdos en etapa de inicio mejoran los parámetros productivos?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

El fósforo es un mineral indispensable para el metabolismo del organismo animal donde abarca un rol muy importante en el proceso como también en el mantenimiento de las estructuras óseas y es un elemento del Adenosín Trifosfato (ATP) y los ácidos nucleicos y forma parte de los fosfolípidos que están ligados y dan flexibilidad a las membranas celulares (Dersjant-Li y Dusel, 2019).

Los mismos autores, mencionan que la fitasa (mioinositol hexakisfosfato fosfohidrolasa) promueve la liberación de fosfato a partir del fitato (hexakisfosfato de inositol), que es el más importante tipo de fosfato que se encuentra en los granos de cereal, legumbres y semillas oleaginosas, que se puede añadir en el pienso de aves de corral, cerdo y pescado, la fitasa posee un amplio margen de aplicaciones en nutrición animal y humana por lo que puede disminuir la eliminación de fósforo en animales monogástricos si se usa como reemplazante del fosfato inorgánico en la alimentación animal, aportando en gran proporción a la protección del medio ambiente. La fitasa hace que los minerales sean mayormente disponibles para que sean asimilados, elementos traza, aminoácidos y energía en la dieta (Patiño *et al.*, 2012).

Las fitasas (Myo-inositol hexafosfato fosfohidrolasas), son enzimas con acción en fosfomonoesterasa que ayudan a este complejo a dividirlo por partes para ser aprovechados, que catalizan la hidrólisis secuencial del ácido fítico (myo-inositol 1, 2, 3, 4, 5, 6 hexakisfosfato) para generar como producto ortofosfato inorgánico y una serie de ésteres fosfóricos menores (desde inositol penta- a monofosfato como productos intermediarios) desglosando finalmente el myo-inositol (Neira *et al.*, 2013). Se han encontrado evidencias que demuestran que las fitasas pueden incrementar de manera proporcional la utilización del fósforo fítico, lo cual ha sido considerado como un aspecto de gran relevancia tanto en la nutrición humana y animal, como en el ámbito medioambiental, ya que busca reducir la eliminación de fósforo (Cowieson *et al.*, 2016).

La eficiencia alimenticia es uno de los factores muy importantes en la crianza de cerdos debido que el 80% de los costos se emplea en el alimento mejorando

parámetros de conversión alimenticia en donde se mejora el menor consumo de alimento por kilo de carne producido debido a la proporción de nutrientes disponibles en la dieta en el empleo de aditivos como la fitasa (Campabadal, 2009). Como la enzima ayuda al aprovechamiento y disponibilidad del fósforo que está conjugado de otros elementos que son nutritivos hace que el alimento sea aún menos disponible para el animal (Dersjant-Li *et al.*, 2015).

La presente investigación tiene la finalidad de demostrar el efecto de los diferentes niveles de fitasa en dietas para cerdos, procurando garantizar el bienestar animal y mejorar los parámetros productivos; el trabajo de campo se lo realizará en la Unidad de Docencia, Vinculación e investigación Hato Porcino de la ESPAM-MFL, en donde se probará el efecto de la fitasa en las dietas para cerdos de inicio durante un periodo de 20 días de crianza; con el presente trabajo se pretende alcanzar mejorar los parámetros productivos y económicos en la producción de cerdos y poder ampliar los resultados a los pequeños y medianos productores del Cantón Bolívar, la Provincia y el País.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVOS GENERALES**

Evaluar el efecto de la inclusión de tres niveles de fitasa (*Myo-inositol hexafosfato fosfohidrolasas*) en la dieta para cerdos en etapa de inicio.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Valorar el efecto de la inclusión de tres niveles de fitasa (*Myo-inositol hexafosfato fosfohidrolasas*) en la dieta para cerdos en etapa de inicio en los parámetros de producción.

Analizar el efecto de la inclusión de tres niveles de fitasa (*Myo-inositol hexafosfato fosfohidrolasas*) en la dieta para cerdos en etapa de inicio sobre el perfil de hemograma.

Estimar los costos de la inclusión de tres niveles de fitasa (*Myo-inositol hexafosfato fosfohidrolasas*) en la dieta para cerdos en etapa de inicio.

## **1.4. HIPÓTESIS**

La inclusión de tres niveles de fitasa (*Myo-inositol hexafosfato fosfohidrolasas*) mejora los parámetros productivos y de salud en cerdos en etapa de inicio de 49 a 70 días.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. PRODUCCIÓN DE CERDOS EN EL ECUADOR**

De acuerdo con el informe de la Asociación de Porcicultores del Ecuador [ASPE] (2019), los datos del censo revelaron que actualmente en el país hay 1,737 explotaciones porcinas con un mínimo de 20 animales o al menos 5 madres. El mismo autor menciona que la mayoría de estas granjas y la mayor concentración de cerdos se ubican en las regiones Sierra y Costa, representando el 79 % de todas las explotaciones registradas y el 95 % de la población porcina total, en promedio cada madre porcina produce 16.83 cerdos al año y sin embargo, en las granjas tecnificadas, este promedio se eleva a 22.4 cerdos por madre al año, mientras que en las no tecnificadas es de 9.6 cerdos por madre al año, la relación entre madres y cerdos es de un cerdo por cada 15 madres.

### **2.2. ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN DE LOS CERDOS**

El cerdo (*Sus scrofa domesticus*) es un animal omnívoro que posee un solo estómago, se acopla muy bien en el ámbito de producción que lo requiera a comparación de otros regímenes alimentarios; hoy en día, su dieta se basa en alimentos balanceados que contienen ingredientes de origen animal y vegetal, que son los que le suplen las necesidades nutricionales para que puedan ejecutar las funciones de mantenimiento y de potencial rendimiento productivo (Campabadal, 2009).

La etapa de vida o producción de un cerdo se puede definir como un período en la vida de un animal que requiere una cierta cantidad de alimento para funciones de mantenimiento y máxima producción, y que al utilizar la ración que cumpla con los requerimientos nutricionales hará que el uso de este no solo tenga un efecto positivo en el uso eficiente de los nutrientes, sino que también en el ámbito económico, ya que se puede evitar la falta o el desperdicio de nutrientes que pueden afectar el rendimiento de los cerdos y por ende la rentabilidad económica (Chachapoya, 2013).

La alimentación comprende el 65% del costo productivo en cerdos, no basta con que una dieta cumpla con los requerimientos de los cerdos, el alimento tiene que cumplir normas oficiales de cada país para el uso y fabricación de los alimentos, el propósito principal de la formulación de una ración alimenticia es que supla los nutrientes requeridos en las cantidades exactas y equilibradas, teniendo en cuenta la etapa fisiológica, peso, edad, sexo, potencial genético, estado de salud, época del año, objetivos productivos y de producto final, así como las limitantes legales (García-Contreras *et al.*, 2012).

## **2.3. FÓSFORO**

El fósforo es un macromineral esencial requerido por todos los organismos para su funcionamiento normal, crecimiento, desarrollo y metabolismo; como el segundo mineral más abundante en el cerdo, el fósforo representa aproximadamente el 1% de su peso corporal, se encuentra en los cereales en forma de fitato, que son mal utilizados por el cerdo, se considera que la disponibilidad del fósforo en los cereales es del 20 al 30 % (Campagna, 2017).

Humer *et al.* (2015) señalan que, debido al hecho de que el fósforo es un nutriente esencial para los animales en crecimiento, el organismo requiere un suministro suficiente de fósforo con el alimento, este es necesario para la mineralización del esqueleto y está involucrado en la regulación de enzimas clave en el metabolismo y en varios procesos fisiológicos.

Además, el fósforo actúa como amortiguador intracelular para el equilibrio ácido-alcalino y es necesario para la síntesis de proteínas y el metabolismo celular y es un componente de las membranas celulares en forma de fosfolípidos, nucleótidos y un compuesto funcional de varias asociaciones ricas en energía en el cuerpo (por ejemplo, Adenosina trifosfato) (Quiles, 2013).

### **2.3.1. EL FÓSFORO EN EL MEDIO AMBIENTE**

Las reservas de fósforo en el medio ambiente son finitas, las reservas globales de fosfato crudo son las fuentes más importantes para mantener los ciclos de fósforo

y los aditivos para piensos con fósforo inorgánico (Pi) se producen a partir de roca fosfórica preciosa en un proceso que consume energía (Chilebio, 2018).

Como la biodisponibilidad del fósforo de la planta es limitada, se excreta el exceso de fósforo; por lo tanto, los cerdos alimentados comercialmente excretan entre el 50% y el 80% de la ingesta de fósforo cuando se alimentan con dietas sin suplementos de fitasa (Sanmiguel, 2011). De la misma manera, la acumulación de fósforo en los suelos y la amenaza a la calidad del agua superficial que puede resultar de las pérdidas de fósforo en las vías fluviales, debido a la escorrentía o la lixiviación, son desafíos importantes como consecuencia de los altos contenidos del mineral en mención en el estiércol (Humer *et al.*, 2015).

Kebreab *et al.* (2012) indican que, por lo tanto, el fósforo tiene un gran impacto ambiental si no se gestiona adecuadamente y la gestión eficaz de los nutrientes es la clave para la producción ganadera sostenible y puede reducir la excreción de fósforo por parte de los no rumiantes.

Chilebio (2018) determinó que para la optimización del uso del fósforo debe ser en la cantidad correcta al momento de aplicar enzimas como la fitasa ya que permite una mejora de más del 50 % en la digestibilidad del fósforo y otro método también es la alimentación por fases productivas en los cerdos, lo que permite una reducción del consumo de fósforo en un 20 % sin comprometer la producción, además, las plantas transgénicas, como el maíz bajo en fitato, han demostrado un aumento del 14 % en la disponibilidad de fósforo.

Aunque los animales transgénicos ofrecen una forma de aumentar la eficiencia de fósforo, su uso en los sistemas de producción ganadera en un futuro próximo no es factible debido a razones éticas, y por esto se piensa que el uso de fitasas puede lograr una alimentación de precisión y de manera realista una mejora en la sostenibilidad en el uso del fósforo en los sistemas de producción ganadera a corto plazo (Humer *et al.*, 2015).

## **2.4. FACTORES ANTI NUTRICIONALES**

Según Casso y Montero (2016) los factores anti nutricionales (FAN) tienen una gran importancia en la ecuanimidad de la naturaleza de las plantas, utilizan este

mecanismo de defensa ante un depredador como: mohos, bacterias, insectos y pájaros, o en algunos casos productos del metabolismo de las plantas sometidas a condiciones de estrés, que al estar contenido en ingredientes que son utilizados en la alimentación de animales ejercen efectos contrarios a su óptima nutrición.

Las plantas que son más vulnerables por su palatabilidad y gran proporción de nutrientes son las que tienen más altos los niveles de factores anti nutricionales que minimizan su disponibilidad o que generen un ataque o daño a los animales que las consuman (Elizalde *et al.*, 2009).

### **2.4.1. FITATO**

Selle y Ravindran (2008) indican que, el fitato (mi inositol Hexafosfato), derivado de ingredientes de alimentos de origen vegetal, está invariablemente presente en las dietas prácticas para cerdos, las dietas para cerdos contienen del orden de  $3.0 \text{ g/kg}^{-1}$  de fósforo unido a fitato (fitato-P), pero las concentraciones de fitato están sujetas a variaciones y es importante señalar que los cerdos solo utilizan parcialmente el fitato-P ya que no generan suficiente actividad de fitasa endógena.

#### **2.4.1.1. ESTRUCTURA**

El ácido fítico (mio-inositol-1,2,3,4,5,6-hexakisdihidrogenofosfato,  $\text{C}_6\text{H}_{18}\text{P}_6\text{O}_{24}$ ) posee seis grupos fosfato, que están esterificados con los grupos hidroxilo del mio-inositol de alcohol séxtuple cíclico (Buades *et al.*, 2017). El ácido fítico es inestable en forma de ácido libre y se presenta principalmente como un complejo con cationes metálicos como calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), hierro ( $\text{Fe}^{++}$ ), zinc ( $\text{Zn}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y manganeso ( $\text{Mn}^{++}$ ), estas sales se denominan fitatos (Domínguez *et al.*, 2002).

#### **2.4.1.2. DISTRIBUCIÓN Y FUNCIÓN EN LAS PLANTAS**

Alkarawi *et al.* (2018) señalan que, el ácido fítico, la forma de ácido libre del mio-inositolhexakisfosfato, se encuentra ampliamente entre los eucariotas. Constituye la principal forma de almacenamiento de fosfato en semillas y frutos en forma de fitato, una sal catiónica mixta con, por ejemplo, K o Mg. Sin embargo, la afirmación general de que el fitato representa entre el 60 y el 80 % del fósforo total en las

semillas maduras se basa casi por completo en el trabajo con plantas de cultivo (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal [FEDNA], 2012).

La disponibilidad del fósforo, así como de otros nutrientes está influenciada por la ubicación y la asociación química del fitato dentro de la semilla; el fósforo total, el fósforo fítico y las fitasas están predominantemente asociados con las capas externas de la mayoría de los granos de cereales; sin embargo, la distribución difiere entre cereales, mientras que, en la mayoría de las semillas oleaginosas, las leguminosas de grano y los cereales, el ácido fítico se encuentra principalmente en las capas de aleurona y en el salvado exterior, no parece haber una ubicación específica en las semillas de soja (Humer *et al.*, 2015)

Los mismos autores mencionan que en el maíz el fitato se encuentra cerca del 90% en el germen y la mayor proporción de varios elementos minerales (P, Mg, Fe, Cu, K, Zn, Mn) se hallan también dentro de esta, En los cereales el contenido de fósforo fítico como porcentaje del fósforo total son más altos para el trigo y el maíz, más bajos para la avena y el centeno. Los contenidos más altos de fósforo total y fósforo fítico se encuentran principalmente en los subproductos de los cereales, siendo el maíz una excepción, debido a la abundancia de fósforo fítico en la capa de aleurona rica en proteínas de los cereales (FEDNA, 2012).

**Tabla 2.1.** Total de fósforo y fitato en materias primas

	n	Total, P (%)	Fitato P (%)	(Fitato P/ total P) x 100
<b>Cereales</b>				
Maíz	7	0.23 ± 0.01	0.18 ± 0.01	78 ± 0.01
Avena	9	0.29 ± 0.02	0.17 ± 0.03	59 ± 0.07
Centeno	2	0.34 ± 0.03	0.20 ± 0.01	59 ± 0.02
Trigo	30	0.29 ± 0.03	0.23 ± 0.03	79 ± 0.07
Cebada	21	0.31 ± 0.03	0.19 ± 0.02	61 ± 0.01
<b>Semillas de leguminosas</b>				
Guisantes	6	0.43 ± 0.01	0.24 ± 0.01	56 ± 0.01
Lupinos	6	0.33 ± 0.03	0.16 ± 0.04	48 ± 0.07
Frijoles	3	0.39 ± 0.02	0.08 ± 0.01	21 ± 0.01
Soya	1	0.73 ± 0.01	0.33 ± 0.01	45 ± 0.01
<b>Semillas de oleaginosas</b>				
Semillas de lino (con toda la grasa)	7	0.60 ± 0.01	0.34 ± 0.03	57 ± 0.01
Harina de semillas de colza (extraído)	5	1.05 ± 0.01	0.60 ± 0.01	72 ± 0.01
<b>Subproductos de cereales</b>				
Salvado de trigo	6	1.16 ± 0.01	0.88 ± 0.01	76 ± 0.01
Salvado de centeno	10	0.96 ± 0.01	0.76 ± 0.01	76 ± 0.01
Salvado de avena	3	0.83 ± 0.01	0.68 ± 0.01	82 ± 0.05

**Fuente.** Viveros *et al.* (2000).

Los contenidos de ácido fítico están influenciados por la genética, las condiciones climáticas, la ubicación, las condiciones de riego, el tipo de suelo, el año y la aplicación de fertilizantes y una mayor dosis de fósforo suministrada a la planta aumenta la proporción de fósforo total que se encuentra como fósforo fítico (Humer *et al.*, 2015).

El fitato se forma durante el período de maduración y representa del 60 al 90% del fosfato total en las semillas latentes, también representa una forma de almacenamiento de fósforo y minerales por lo que juega un papel importante en el metabolismo de las plantas, durante la germinación de las semillas, el fitato se hidroliza y el fósforo almacenado, así como otros minerales, como el Ca y el Mg, se vuelven susceptibles para la germinación y el desarrollo de las plántulas (Kong *et al.*, 2018). Además de los minerales, las plántulas jóvenes utilizan los productos finales de la hidrólisis del fitato, en particular el mioinositol, para la formación de la pared celular y el fitato juega un papel como proveedor de energía ya que está

involucrado en la síntesis de Adenosín trifosfato (ATP) en las semillas (Eckardt, 2010).

La germinación de las plántulas da como resultado una rápida reducción del contenido de fitato, ya que el fitato debe degradarse a ortofosfato y mioinositol, por lo que aumenta la actividad de la fitasa, sin embargo, no se tiene claro si el rápido aumento de la actividad de la fitasa es el resultado de la activación de una enzima preexistente o se basa en la síntesis de novo de la proteína (Humer *et al.*, 2015).

## 2.5. FITASAS

Las enzimas fitasa (Myo-inositol hexakisphosphate fosfohidrolasa) son un grupo de hidrolasas con la capacidad de catalizar la escisión sistemática de fosfatos de ácido fítico (Frontela *et al.*, 2008). Los mismos autores mencionan que la fitasa fue identificada por primera vez en 1907 en salvado de arroz por Suzuki y desde entonces se ha encontrado en numerosos microorganismos, una variedad de plantas y tejidos animales, estas enzimas se clasifican comúnmente de acuerdo con su sitio inicial de hidrólisis del fitato, ya sea como 3-fitasa o 6- fitasa. Una 3-fitasa inicia la hidrólisis del fitato en la posición C3, mientras que una 6- la fitasa comienza con el fosfato en la posición C6 (Gonçalves *et al.*, 2016).

Según Costa *et al.*, (2009) actualmente hay cuatro subfamilias reconocidas de fitasa, cada una con características estructurales distintas y propiedades catalíticas, estas incluyen: histidina fosfatasas ácidas (HAP), fosfatasas  $\beta$ propeller (BPP), proteínas tirosina fosfatasas (PTP) y ácido púrpura fosfatasas (PAP) y las HAP son el grupo de fitasas mejor caracterizado debido a su uso comercial generalizado como aditivo alimentario para el ganado. Los mismos autores mencionan que la mayoría de las fitasas actualmente identificadas son HAP y las tres clases restantes de enzimas fitasa se descubrieron relativamente recientemente y están menos caracterizadas.

### 2.5.1. FUENTES DE FITASA Y SUS CARACTERÍSTICAS

Las fuentes de fitasa pueden diferir en varios aspectos, como el tiempo o la temperatura de almacenamiento, la forma del producto, el recubrimiento y la actividad después del procesamiento del alimento (Gonçalves *et al.*, 2016).

Sulabo *et al.* (2011) mencionan que en un estudio publicado de un producto de fitasa pura comercialmente disponible retuvo más actividad con el tiempo que otras dos fuentes, a temperatura ambiente (23 °C) o menos, los productos puros retuvieron el 91 %, 85 %, 78 % y 71 % de su actividad inicial a los 30, 60, 90 y 120 días de almacenamiento y que el aumento de la temperatura aumentó significativamente la tasa de degradación.

Temperatura de almacenamiento: El almacenamiento a 37 °C redujo significativamente la actividad de la fitasa, en comparación con el almacenamiento a 23 °C. Los productos estables al calor generalmente retienen la actividad durante más tiempo durante el almacenamiento a temperaturas más altas (Timmons *et al.*, 2008).

Forma del producto: la velocidad de degradación de la fitasa es más rápida en las premezclas que contienen vitaminas y minerales traza que en las premezclas que solo contienen vitaminas, mientras que el producto puro proporciona la mayor tasa de recuperación entre estas tres formas de productos (Sulabo *et al.*, 2011).

Recubrimiento: Los productos recubiertos tuvieron una tasa de recuperación aproximadamente 4 %, 20 % y 39 % mayor que los productos sin recubrimiento a los 30, 60 y 90 días de almacenamiento, como consecuencia el recubrimiento mitigó algunos de los efectos negativos de los tiempos de almacenamiento prolongados y las altas temperaturas sobre la estabilidad del producto en las premezclas (Gonçalves *et al.*, 2016).

Procesamiento de piensos: La mayoría de los fabricantes tienen productos termoestables y no termoestables, la granulación de alimentos con fitasa puede reducir significativamente la actividad en fuentes de fitasa no estables al calor,

mientras que las fuentes estables al calor pueden soportar temperaturas más altas (Slominski *et al.*, 2007).

### **2.5.2. SUPERDOSIS DE FITASAS**

Soto-Salanova *et al.* (2016) señalan que agregar fitasas al alimento en la avicultura y porcicultura aumenta el aprovechamiento de calcio y el fósforo por medio de la lisis del fitato (IP6), permitiendo así disminuir el fósforo inorgánico (Pi) que se agrega a la formulado balanceado, el uso de la fitasa está globalizado; lo que cuenta que más del 95% de los balanceados que se producen en el mundo contienen fitasa con el fin de, por una parte, obtener una minoría en los costos de inversión, y, por la otra, disminuir la eliminación de fósforo que no es aprovechado; esta manera de añadir fitasa consiste en adicionar alrededor de 500 FTU/kg de pienso, es lo que llamamos “adición estándar”.

Cowieson *et al.* (2011) indican que la mayoría de los informes, la investigación de la superdosis de fitasa mostró ventajas en el uso de dosis muy altas de esta enzima, Nelson *et al.* (1971) mencionan que son dosis altas de fitasa administrada a comparación de la estándar en donde ellos administraron a pollitos a una dosis de 7600 FTU/kg (unidades de fitasa por kilogramo FTU/Kg) dando como resultado una desaparición del 94.4 % del fitato ligado al fósforo en comparación con el 38.9 % desaparición en pollitos alimentados con 950 FTU/kg.

En 2003, en uno de los primeros estudios con dosis particularmente altas, Shirley y Edwards, (2003) complementaron una dieta a base de maíz con hasta 12,000 FTU/kg (unidades de fitasa por kilogramo) de microbios fitasa y observó un aumento cuadrático en la desaparición de fitato ligado al fósforo con el aumento de dosis altas de fitasa. Los resultados de Shirley y Edwards (2003) han sido confirmados más recientemente en varios estudios en los que se utilizaron dosis de hasta 10000 FTU/kg o más (Braña *et al.*, 2006; Kies *et al.*, 2006; Pirgozliev *et al.*, 2007).

### 2.5.3. DIGESTIBILIDAD DE LA FITASA

Rutherford *et al.* (2014) afirmaron que una gran parte de la liberación de fitato-P (fitato ligado al fósforo) ocurre en el intestino posterior y no se absorbe, se sugirió que las estimaciones ileales son un reflejo más preciso de la disponibilidad del fósforo porque la mayor parte de la absorción de fósforo parece ocurrir en el yeyuno.

Rutherford *et al.* (2014) sugirieron que la microbiota del intestino grueso de un cerdo en crecimiento juega un papel importante en la hidrólisis de fitato, especialmente en dietas sin suplementos; de este modo confundiendo las estimaciones del tracto total de fitato. Leytem y Thacker, (2010) también sugirieron que la diferencia en el coeficiente de digestibilidad aparente del fitato del maíz y los resultados de su estudio indican que la hidrólisis microbiana del fitato ocurre en el tracto digestivo inferior, donde no es absorbido y por lo tanto aparece como fosfato en las heces.

Por lo tanto, una gran parte de fósforo disponible no fue absorbido y fue excretado en las heces, al reducir las concentraciones de IP6, se reducen los efectos antinutritivos del fitato y los ésteres inferiores tienen una capacidad muy reducida para quelar cationes divalentes y permitir aún más el acceso a fitasas endógenas (Luttrell, 1993). Braña *et al.* (2006) observaron que las dietas con fitasa incluida pueden resultar en un aumento artificial del requerimiento de fósforo debido a una alta relación calcio: fósforo (Ca:P) debido a una liberación mejorada de calcio.

Desde la suplementación con fitasa que libera fósforo y calcio unido al fitato es común reducir la concentración de calcio y fósforo en cerdos al ser alimentados con balanceados que tengan como aditivo la fitasa en aproximadamente un 0.1% y un 0.15%, esta reducción de Ca en el alimento permite una mejor respuesta a la suplementación de la fitasa dando como resultado un mejor desarrollo y conversión de los cerdos (Humer *et al.*, 2015).

### 2.5.4. UTILIZACIÓN DE FITASAS EN DIETAS DE PORCINOS

El ingreso de la fitasa a nivel mundial es cerca del 90%, se prevé que solo el 70% de los porcicultores usan la enzima, pero el uso de la fitasa va en subida al tiempo que se obtienen beneficios que esta pueda proveer y datos de investigaciones que

siguen actualizándose, por lo que en los últimos tiempos la investigación llevada con resultados confiables ha demostrado que la fitasa puede reemplazar el uso de fósforo inorgánico (Pi) en porcinos es muy probable, además hay un resultado sobre otros nutrientes que se consideran (Castro *et al.*, 2011).

Las enzimas endógenas no compiten con la digestión del fitato (entre 0.80%-1.2% de la dieta, según componentes), esto causa efecto en pérdidas endógenas, minorando el aprovechamiento alimenticio, hay investigaciones nuevas que indican que lechones destetados (7.4 kg) con una dieta sintética muy disponible compuesta por caseína y almidón de maíz, al ser suministrada con fitato sintético y 0,56% de P-fítico, disminuyendo el crecimiento (37%), la ingesta (18%) y que estudios pasados indican efectos muy parecidos en los que las digestibilidades de la energía, la proteína y los aminoácidos se ven disminuidas en crecimiento y cebo (Castro *et al.*, 2011).

### **2.5.5. FACTORES RELACIONADOS CON LA FITASA**

Entre los factores relacionados con la enzima, el pH óptimo de actuación es uno de los más relevantes y el rango del pH ideal determinará la eficacia de la fitasa en el estómago o en la parte superior del intestino (Dersjant-Li *et al.*, 2015). El pH en el estómago de los cerdos varía después de la alimentación, el tipo de alimento y la cantidad en el estómago, por lo que serán más efectivas aquellas enzimas que tengan un rango de pH óptimo de actuación y se activen a pHs bajos (Bedford y Partridge, 2010).

#### **2.5.5.1. FACTORES RELACIONADOS CON EL ANIMAL**

De los factores relacionados con el animal, la edad, sobre todo en cerdos, es el más relevante, la actividad fitásica depende de la capacidad del estómago, las condiciones de vaciado de éste y su pH, que varía con la edad de los animales y debido también a que la capacidad de absorción mineral disminuye con la edad de los animales, así como sus requerimientos minerales (Neira *et al.*, 2013).

Los lechones recién destetados tienen una baja capacidad para secretar ácido clorhídrico (HCl); por lo tanto, el nivel de pH en el estómago puede ser más alto que

en los cerdos en crecimiento y el pH en la primera parte del intestino delgado varía de 3.5 a 5.5 y en el duodeno a un pH de 6, por lo que la fitasa que muestre una actividad óptima pH bajo será más efectiva en los cerdos (Dersjant-Li *et al.*, 2015)

#### **2.5.5.2. FACTORES RELACIONADOS CON EL PIENSO**

Existen ingredientes necesarios como ácidos o Ca para la nutrición del cerdo que modifican el pH del estómago, esta modificación tiende a disminuir la actividad enzimática y para contrarrestar este efecto negativo se utilizan ingredientes como la piedra caliza, que estabilizan el pH y así mejor (Bedford y Partridge, 2010). Además, la composición del pienso (ingredientes), la presencia de actividad fitasa endógena, el tipo de procesado del alimento y la cantidad de calcio y fósforo son factores que influyen en la eficacia de la enzima (Acosta y Cárdenas, 2006).

## CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, en la Unidad de Docencia, Investigación y Vinculación (UDIV) Hato Porcino ESPAM MFL, ubicada en el Campus Politécnico, sitio El Limón, Cantón Bolívar, Provincia de Manabí; situado geográficamente entre las coordenadas 0° 49'27' 9" de Latitud Sur, 80° 10'47,2" de Longitud Oeste con una elevación de 15 m.s.n.m.

#### 3.1.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Tabla 3.1. Condiciones climáticas

Variables	Valor
Precipitación media anual: (mm)	979.9
Temperatura media anual: (°C)	26.0
Humedad relativa anual: (%)	84.3
Heliofanía anual: (horas/sol)	80.6
Evaporación anual: (mm)	1182.7

Fuente. Estación meteorológica ESPAM MFL (2022)

### 3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La presente investigación tuvo una duración de cuatro meses, distribuidos en la siguiente manera: dos semanas en la preparación de las instalaciones porcinas que son propiciadas por la en la Unidad de Docencia, Investigación y Vinculación (UDIV) Hato Porcino ESPAM MFL y cuatro semanas en la evaluación del estudio; dos meses y dos semanas se emplearon para la tabulación y organización de datos, que también se efectuó la redacción del informe final del documento de Titulación y posterior presentación a los miembros del Tribunal de Tesis.

### 3.3. MÉTODOS, TÉCNICAS

#### 3.3.1. MÉTODOS

Para realizar la investigación se empleó el siguiente método:

### **3.3.1.1. MÉTODO EXPERIMENTAL**

Para este estudio se aplicó una investigación experimental, que es un tipo de investigación en la que tiene un enfoque científico, manteniendo un conjunto de variables constantes, mientras se mide el otro conjunto de variables como el objeto de estudio del experimento (Rojas, 2015).

### **3.3.1.2. DOCUMENTAL- BIBLIOGRÁFICO**

Para este estudio se llevó a cabo una revisión bibliográfica, con el uso de referencias que ayudaron a la construcción del trabajo de integración curricular, ya que nos ayudó a analizar, leer, seleccionar, obtener y recopilar información importante del estudio, a partir de fuentes documentales de otros autores, tales como libros, artículos científicos, entre otras.

### **3.3.2. TÉCNICAS**

Las técnicas que se emplearon fueron:

#### **3.3.2.1. TÉCNICA DE CAMPO**

Se aplicó la medición de peso inicial, peso semanal y final, ganancia de peso semanal, ganancia de peso, cálculo de conversión alimenticia y análisis de costo beneficio de la población sobre el efecto del factor de estudio en su elemento o contexto dado, y que adaptaron a ello sus herramientas, que buscan extraer la mayor cantidad de información *in situ*.

#### **3.3.2.2. TÉCNICA ESTADÍSTICA**

Se realizó una recolección y posterior tabulación de datos a través de un análisis de varianza y prueba de Tukey al 95% y los resultados se presenta en tablas y gráficos.

### **3.4. UNIDAD EXPERIMENTAL**

Se utilizaron 16 lechones de raza Landrace x Pietrain en etapa de iniciación con 49 días de vida con un peso vivo promedio de 16kg, los cuales fueron distribuidos en cuatro tratamientos, con cuatro repeticiones por tratamiento respectivamente.

### **3.5. VARIABLES A MEDIR**

#### **3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Niveles de inclusión de fitasa en el alimento convencional (500 FTU/kg, 1600 FTU/Kg, 2500 FTU/kg).

#### **3.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES**

##### **3.5.2.1. VARIABLES PRODUCCIÓN**

Peso inicial (kg)

Peso semanal (kg)

Peso final (kg)

Ganancia de peso semanal (kg)

Conversión alimenticia semanal (kg/kg)

##### **3.5.2.2. VARIABLES DE SALUD**

Hematocrito (Hto %)

Hemoglobina (Hb g/dL)

Eritrocitos ( $\text{---} \times 10^6 \mu\text{l}$ )

Leucocitos ( $\text{---} \times 10^9 \mu\text{l}$ )

##### **3.5.2.3. VARIABLE ECONÓMICA**

Costo-Beneficio (USD)

### **3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

El procedimiento se lo realizó a través de las siguientes fases:

### **3.6.1. ACTIVIDAD 1. SELECCIÓN Y DESINFECCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

Se seleccionó la instalación correcta para el estudio en la Unidad de Docencia, Investigación y Vinculación (UDIV) Hato Porcino ESPAM MFL, para su adecuación en donde se alojaron los cerdos tomando en cuenta los datos climatológicos y técnicos sugeridos, se procedió a realizar el cambio totalitario del tamo de la cama profunda durante dos días antes de iniciar con la desinfección, luego se ejecutó la desinfección con una bomba de mochila de 20 litros dos veces a la semana, con CHADINE® desinfectante viricida, bactericida y fungicida biodegradable a base de complejo de yodo disponible 22.50%, yodo disponible 2.5 g, ácido fosfórico 17 g, ácido sulfúrico 9.3 g y alcohol isopropílico vehículo 100ml.

### **3.6.2. ACTIVIDAD 2. SELECCIÓN DE LOS GRUPOS DE ESTUDIO**

Para la investigación se eligió aleatoriamente 16 lechones de raza Landrace x Pietrain de dos camadas homogéneas de 49 días de edad (inicio), que fueron distribuidos en cuatro tratamientos (T0, T1, T2 y T3) con cuatro repeticiones, donde se alojaron 4 lechones por cada lote. Cada lechón fue previamente etiquetado por aretes de marca Lhaura para cerdos para su identificación y toma de datos de los resultados.

### **3.6.3. ACTIVIDAD 3. ALOJAMIENTOS DE LOS LECHONES**

Los lechones que contaron con 49 días de edad de raza Pietrain x Landrace provenientes de dos camadas distintas, previo al ingreso se realizó el respectivo pesaje (peso inicial) a cada uno con una balanza digital de marca Jontex (capacidad de 100 kg y una precisión de 10 g), que fueron escogidos al azar entre las dos camadas para ser colocados por cada tratamiento en un lote de 5x6m que se llenó de cascarilla de arroz (cama profunda), cada lote contó con un comedero automático para brindarles alimento *ad libitum*, y también se utilizaron cuatro bebederos automáticos por cada corral.

#### **3.6.4. ACTIVIDAD 4. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS SANGUÍNEAS**

Para conocer los parámetros sanguíneos de los lechones entre réplicas de tratamientos después de la introducción al estudio de campo, se obtuvieron muestras sanguíneas y cada lechón fue seleccionado al azar en cada réplica, y al final del estudio también se realizó la extracción de muestras sanguíneas, se hizo la desinfección de la zona a tomar la muestra, lo que sería en el seno venoso oftálmico, donde se realizó la sujeción elevando la cabeza sujetar y dirigiendo ligeramente la aguja hacia el vértice medial de la conjuntiva, donde se usó una aguja de 18 mm y extrayendo 3 ml de sangre, que será agregado en un tubo vacutainer y posteriormente será registrado y colocado en una hielera para su procesamiento en el laboratorio.

#### **3.6.5. ACTIVIDAD 5. ALIMENTACIÓN DE LOS GRUPOS DE ESTUDIO**

Los lechones en estudio de cada tratamiento recibieron 21 días de alimento que comprende la etapa inicial. En cada lote el alimento se agregó en comederos automáticos con regulación de salida del alimento con el fin de reducir el desperdicio. El alimento fue aplicado 2 veces al día para mantener lleno el comedero automático y evitar la falta de suministro de alimento que puede influir en los resultados, donde fue administrado en las horas de la mañana (08:00 am) y en la tarde (16:00 pm).

El alimento fue almacenado en la bodega de la Unidad de Docencia y vinculación hato porcino ESPAM MFL y este mismo puesto sobre un pallet de madera para evitar el contacto con el suelo y este sea afectado por la humedad y la proliferación de microorganismos.

A continuación, se muestra las formulaciones balanceadas utilizadas para la alimentación de los cerdos:

**Tabla 3.2.** Fórmula de balanceados con dosis de fitasa con concentración de 500 FTU/kg

<b>Cod.</b>	<b>Ingrediente</b>	<b>Precio</b>	<b>Resultados en %</b>	<b>Peso (kg)</b>
2	Aceite de Palma	\$72.00	4.0000	4.0000
10	Arroz Salvado	\$13.00	7.0000	7.0000
48	Maíz (7,88%)	\$22.50	49.9000	49.9000
62	Pescado Harina (54%)	\$14.00	10.0000	10.0000
73	Soya Harina (45%)	\$29.50	25.0000	25.0000
95	Fosfato Mono cálcico	\$49.00	0.5000	0.5000
109	Carbonato Calcítico	\$3.70	0.6000	0.6000
113	Sal Común	\$17.00	0.1000	0.1000
141	L-Lisina HCl	\$122.00	0.5000	0.5000
142	DL-Metionina	\$180.00	0.2000	0.2000
144	LTreonina	\$120.00	0.2000	0.2000
152	núcleo tadec reproductoras y inicial	\$108.00	1.0000	1.0000
154	ZEOLITA	\$12.50	3.0000	3.0000
159	FITASA	\$50.00	0.0091	0.0091

**Tabla 3.3.** Fórmula de balanceados con dosis de fitasa con concentración de 1600 FTU/kg

<b>Cod</b>	<b>Ingrediente</b>	<b>Precio</b>	<b>Resultado (%)</b>	<b>Peso (kg)</b>
2	Aceite de Palma	\$72.00	4.0000	4.0000
10	Arroz Salvado	\$13.00	5.0000	5.0000
48	Maíz (7,88%)	\$22.50	49.9000	49.9000
62	Pescado Harina (54%)	\$14.00	10.0000	10.0000
73	Soya Harina (45%)	\$29.50	24.9900	24.9900
95	Fosfato Monocálcico	\$49.00	0.5000	0.5000
109	Carbonato Calcítico	\$3.70	0.6000	0.6000
113	Sal Común	\$17.00	0.1000	0.1000
141	L-Lisina HCl	\$122.00	0.5000	0.5000
142	DL-Metionina	\$180.00	0.2000	0.2000
144	LTreonina	\$120.00	0.2000	0.2000
152	núcleo tadec reproductoras y inicial	\$108.00	1.0000	1.0000
154	ZEOLITA	\$12.50	3.0000	3.0000
159	FITASA	\$50.00	0.0137	0.0137

**Tabla 3.4.** Fórmula de balanceados con dosis de fitasa con concentración de 2500 FTU/kg

Cod	Ingrediente	Precio	Resultado (%)	Peso (kg)
2	Aceite de Palma	\$72.00	4.0000	4.0000
10	Arroz Salvado	\$13.00	5.0000	5.0000
48	Maíz (7,88%)	\$22.50	49.9000	49.9000
62	Pescado Harina (54%)	\$14.00	10.0000	10.0000
73	Soya Harina (45%)	\$29.50	24.9800	24.9800
95	Fosfato Monocálcico	\$49.00	0.5000	0.5000
109	Carbonato Calcítico	\$3.70	0.6000	0.6000
113	Sal Común	\$17.00	0.1000	0.1000
141	L-Lisina HCl	\$122.00	0.5000	0.5000
142	DL-Metionina	\$180.00	0.2000	0.2000
144	LTreonina	\$120.00	0.2000	0.2000
152	núcleo tadec reproductoras y inicial	\$108.00	1.0000	1.0000
154	ZEOLITA	\$12.50	3.0000	3.0000
159	FITASA	\$50.00	0.0210	0.0210

### 3.6.6. ACTIVIDAD 6. PESO DE LOS CERDOS

Se tomó el peso individual de cada cerdo en estudio a los 49 días de edad como peso inicial, posterior a ello se ubicaron en sus respectivos corrales, donde se contó con un total de cuatro cerdos por tratamiento; luego se procedió a realizar el pesaje de los animales cada semana en forma individual durante la fase de inicial, esto se lo realizó con una balanza digital marca Jontex de 100 kg de capacidad con una precisión de 10g.

Los pesos de los cerdos y los datos obtenidos se ingresaron en una hoja de cálculo para su análisis, en donde posterior a eso se utilizó las siguientes fórmulas para obtener los resultados de los distintos parámetros productivos como se muestra a continuación:

#### 3.6.6.1. PESO VIVO PROMEDIO SEMANAL

$$PVPS = \frac{SPCS}{NC} \quad [3.1]$$

Donde:

PVPS= Peso vivo promedio semanal

SPCS= suma de pesos de cerdos semanal

NC= Número de cerdos totales

### 3.6.6.2. GANANCIA DE PESO VIVO SEMANAL

$$GDPS = PVS - PVI [3.2]$$

GDPS= Ganancia de peso vivo semanal

PVS= Peso vivo semanal

PVI= Peso vivo inicial

### 3.6.6.3. CONSUMO DE ALIMENTO SEMANAL

$$CDA = \frac{AO-AR}{NC} [3.3]$$

CDAD= Consumo de alimento

AO= Alimento ofrecido semanal

AR= Alimento rechazado semanal

NC= Número de cerdos

### 3.6.6.4. CONVERSIÓN ALIMENTICIA

$$CA = \frac{kg AC}{kg CP} [3.4]$$

CA= Conversión alimenticia

Kg AC= alimento consumido de los animales en kg

Kg CP = cantidad de kg de carne producida

### 3.6.7. ACTIVIDAD 8. ANÁLISIS ECONÓMICO

Aguilera (2017) menciona que el análisis costo-beneficio es un procedimiento que, por lo global, se refiere a la evaluación de un proyecto en específico, de un esquema para elegir decisiones de cualquier tipo. Esto implica, explícita o implícitamente,

determinar los costos y beneficios totales de todas las alternativas para elegir la mejor o la más rentable.

Se tomaron en cuenta los datos de la compra de los cerdos, balanceado, fitasa y precio de la carne en pie. Se registró el total de ingresos y egresos de cada tratamiento para determinar la rentabilidad y se realizó de la siguiente manera:

$$\text{Costo/Beneficio} = \frac{\text{Total de Ingresos}}{\text{Total de egresos}} [3.5]$$

Total, o beneficios netos (VAI) entre el Valor Actual de los Costos de inversión o costos totales (VAC) de un proyecto.

### 3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

En esta investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones, para lo cual se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es la j-ésima observación de la i-ésima población

$\mu$  = Media general.

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento (lechones tratados)

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental

### 3.7.1. ADEVA

**Tabla 3.5.** Análisis de varianza

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	15
Tratamiento	3
Error experimental	12

## 3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se comprobaron los supuestos de normalidad mediante una prueba de Shapiro-Wills y para la homogeneidad de la varianza una prueba de Levene, posterior a ello en las variables que presentaron diferencias significativas se realizó una comparación de medias mediante un test de tukey al 95% de confianza.

Los datos se analizaron con el paquete estadístico InfoStat versión libre (2019); finalmente, los resultados obtenidos fueron tabulados y graficados de acuerdo con el aporte que presenten a la investigación utilizando Microsoft Excel (2021).

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS

#### 4.1.1. PESO INICIAL, SEMANAL Y FINAL DE LOS CERDOS

Los resultados obtenidos en el peso inicial, semanal y final indican que no existió diferencias significativas entre los tratamientos en todo el estudio ( $P>0.05$ ), sin embargo, numéricamente el T3 al finalizar el estudio obtuvo un peso mayor alcanzando un promedio de  $30.06\pm 2.47$  kg como se indica en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Efectos de los diferentes niveles de fitasa sobre el peso (kg) en cerdos de inicio.

Semana	Tratamientos				P-valor
	T0	T1	T2	T3	
-	T0	T1	T2	T3	-
<b>Peso inicial</b>	14.25±1.03	16.88±2.94	14.75±2.41	17.28±2.45	0.2204
<b>Peso semana 1</b>	17.74±0.99	20.58±3.09	18.45±2.35	21.45±2.39	0.1354
<b>Peso semana 2</b>	21.51±1.05	24.20±3.10	22.40±2.34	25.55±2.41	0.1203
<b>Peso semana 3</b>	25.35±1.07	28.11±3.09	26.40±2.45	30.06±2.47	0.0732

En un estudio realizado por Leiva *et al.* (2016) en donde utilizaron dietas bajas de fósforo y con niveles comerciales (normales) en los que contenían dosis de 250, 500 y 1000 FTU/kg de fitasa, indican que no hubo diferencias significativas ( $P=0.750$ ) entre los tratamientos en el peso final de los cerdos, los resultados son similares a los encontrados en el presente estudio, en donde tampoco existió diferencia significativa ( $P=0.0732$ ). Según Campagna (2017), cuando los cerdos no satisfacen sus necesidades nutricionales, tienden a consumir más alimento, este hallazgo se correlaciona con el presente estudio, donde los cerdos alimentados a voluntad aumentaron su ingesta en los tratamientos sin y con baja inclusión de fitasa para satisfacer sus necesidades sin afectar su rendimiento en peso cumpliendo su necesidad nutricional.

#### 4.1.2. GANANCIA DE PESO SEMANAL

El efecto de la fitasa en la ganancia de peso semanal de los cerdos se aprecia en la tabla 4.2, se observa diferencias significativas ( $p<0.05$ ) entre los tratamientos,

donde el T3 fue el mejor mostrando valores mayores a  $4.1 \pm 0.09$  kg en las tres semanas de estudio, en comparación a los otros tratamientos que obtuvieron valores menores de  $4 \pm 0.2$  kg respectivamente, mientras que en el tratamiento en el que no se adicionó fitasa, presentó la ganancia de peso más baja.

El T3 mostró en las tres semanas de estudio la mayor ganancia de peso numéricamente y estadísticamente siendo mejor que el T1 y T0, a excepción de la semana 1 que difirió con todos los tratamientos.

**Tabla 4.2.** Efectos de los diferentes niveles de fitasa sobre la ganancia de peso (kg) en cerdos de inicio.

Semana	Tratamientos				p-valor
	T0	T1	T2	T3	
GDP Semana 1	$3.49 \pm 0.10b$	$3.70 \pm 0.16b$	$3.70 \pm 0.10b$	$4.18 \pm 0.18a$	0.0001
GDP Semana 2	$3.78 \pm 0.10c$	$3.63 \pm 0.12bc$	$3.95 \pm 0.09ab$	$4.10 \pm 0.09a$	0.0002
GDP Semana 3	$3.84 \pm 0.38b$	$3.91 \pm 0.22b$	$4.00 \pm 0.20ab$	$4.51 \pm 0.14a$	0.0104

Medias con una letra común en las filas no son significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ). GDP= Ganancia de peso,

T0=Testigo, T1=500 FTU, T2= 1600 FTU, T3=2500 FTU.

Los resultados son comparables a los reportados por Broomhead *et al.* (2019) en donde el tratamiento con mayor cantidad de fitasa que contenía 4000 FTU/kg fue mejor que el grupo control.

Holloway *et al.* (2019) indican que la inclusión de 2500 FTU/kg de fitasa mejoró la ganancia de peso a comparación del otro tratamiento con inclusión de 0 FTU/kg ( $P < 0.05$ ), en cerdos post-destete de 6 a 22kg. Comparable con los resultados del presente estudio en cerdos de inicio de 16 a 30 kg en donde también existió diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) del T3 2500 FTU/kg en relación con el T0 en la ganancia de peso.

En una investigación realizada por Zeng *et al.* (2014) reportaron que la inclusión de 20000 FTU/kg resultó en una mejor ganancia de peso en comparación con los otros tratamientos y el grupo control, en donde utilizaron dosis de 0, 500, 1000 y 20000 FTU/kg en cerdos con un peso inicial de  $9.53 \pm 0.84$  kg. Similar al comportamiento

que tuvo la presente investigación en donde el T3 que contenía 2500 FTU/kg fue mejor que los otros tratamientos.

Harper *et al.* (1997) indican que, en un estudio en cerdos de crecimiento y engorde, con dietas bajas de fósforo con inclusión y sin inclusión de fitasa, destacaron que la dieta sin fitasa redujo la ganancia de peso en cerdos en un 18% con relación a la dieta baja de fósforo con fitasa, por lo que concluyeron que la fitasa ayudó a restaurar la ganancia de peso debido al efecto que ejerce está en la liberación de fósforo del fitato, similar a la presente investigación en donde la mayor inclusión de fitasa mejoró la ganancia de peso.

#### 4.1.3. CONVERSIÓN ALIMENTICIA SEMANAL

La conversión alimenticia (CA) obtenida indica que existió diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ) entre los tratamientos como se observa en la Tabla 4.3, destacando que T3 presentó la mejor CA numéricamente en comparación del resto de tratamientos y siendo mejor estadísticamente que el T0 en las tres semanas de estudio.

Rescatando que entre más bajo el índice de conversión alimenticia mayor es la eficiencia de este ya que este se relaciona con la cantidad de alimento que tiene que consumir para ganar 1 kg de peso vivo (Yangué, 2012).

**Tabla 4.3.** Efectos de los diferentes niveles de fitasa sobre la conversión alimenticia (kg/kg) en cerdos de inicio.

Semana	Tratamientos				p-valor
	T0	T1	T2	T3	
CA Semana 1	1.93±0.12a	1.93±0.09a	1.80±0.06a	1.57±0.10b	0.0004
CA Semana 2	2.18±0.30a	2.02±0.10ab	1.74±0.17b	1.66±0.12b	0.0062
CA Semana 3	2.32±0.18a	2.31±0.29a	1.80±0.15b	1.67±0.22b	0.0014

Medias con una letra común en fila no son significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ). CA= Conversión alimenticia, T0=Testigo, T1=500 FTU, T2= 1600 FTU, T3=2500 FTU.

Kühn y Partanen (2012) indican que, durante los períodos inmediatamente posteriores al destete, las fitasas generan una mejora gradual tanto en la ganancia de peso como en la conversión alimenticia; sin embargo, señalan que estos efectos favorables se atenúan en etapas posteriores, como las fases de crecimiento y

finalización, igual a la presente investigación en donde se reportó una mayor eficiencia en CA y ganancia de peso semanal en cerdos de inicio.

Holloway *et al.* (2019) indican que, la adición de 2500 FTU/kg de fitasa mejoró la conversión alimenticia a comparación del tratamiento que no contenía fitasa, en cerdos de post-destete de 6 a 22kg. Comparable con los resultados del presente estudio en donde también hubo mejoras significativas del tratamiento con 2500 FTU/kg a diferencia del tratamiento que no contenía fitasa en cerdos de 16 a 30 kg.

Zeng *et al.* (2014) reportaron también mejoras en la conversión alimenticia con la inclusión de 20000 FTU/kg a comparación de los otros tratamientos que contenían 0, 500 y 1000 FTU/kg, en cerdos de inicio con un peso inicial de  $9.53 \pm 0.84$  kg. Resultados similares a lo reportado en esta investigación en donde la mayor inclusión de fitasa correspondiente al T3 obtuvo la mejor conversión alimenticia en comparación con el T2, T1 y T0 en cerdos con un peso inicial de 16 kg.

## 4.2. HEMOGRAMA

Los parámetros de salud del hemograma no presentaron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos al inicio y al final del estudio para cada variable como se aprecia en la tabla 4.4.

**Tabla 4.4.** Hematología de los cerdos de inicio al comenzar y al finalizar el estudio.

	Tratamientos									
	Inicio del Estudio				p-valor	Final del Estudio				p-valor
	T0	T1	T2	T3		T0	T1	T2	T3	
Hematocrito (%)	33.25 $\pm 0.96$	35.75 $\pm 1.71$	35.25 $\pm 2.63$	35.25 $\pm 0.96$	0.2228	34.00 $\pm 1.83$	36.00 $\pm 0.82$	34.00 $\pm 1.83$	33.75 $\pm 1.71$	0.2168
Hemoglobina g/dl	11.28 $\pm 0.91$	12.32 $\pm 1.32$	11.85 $\pm 0.75$	12.30 $\pm 0.54$	0.3766	11.78 $\pm 0.63$	12.03 $\pm 0.95$	11.95 $\pm 0.39$	12.00 $\pm 0.33$	0.9399
Plaquetas x $\text{mm}^3$	300.00 $\pm 16.33$	307.50 $\pm 12.58$	307.50 $\pm 15.00$	302.50 $\pm 17.08$	0.8675	308.75 $\pm 13.77$	312.50 $\pm 9.57$	308.75 $\pm 6.29$	305.00 $\pm 10.80$	0.7949
Leucocitos x $\text{mm}^3$	20.68 $\pm 0.96$	20.50 $\pm 1.15$	19.73 $\pm 0.67$	20.65 $\pm 0.79$	0.4400	20.90 $\pm 0.78$	20.70 $\pm 1.04$	19.95 $\pm 1.02$	20.77 $\pm 1.05$	0.5359

Los resultados hematológicos se encuentran dentro de los rangos referenciales indicados por Friendship *et al.* (1984) como se muestra en la tabla 4.5, en cerdos post destete y en fase de crecimiento.

**Tabla 4.5.** Valores hematológicos referenciales en cerdos destetados.

<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cerdos destetados</b>
Hematocrito	%	26-41
Hemoglobina	10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup>	9-14
Plaquetas	10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup>	320-520
Leucocitos	10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup>	8.70-37.90

**Fuente.** Friendship *et al.* (1984).

En un estudio realizado por Czech y Grela (2004) en cerdas gestantes en donde añadieron fitasa con inclusión y sin inclusión de fósforo inorgánico, la adición más alta de fitasa disminuyó los leucocitos y aumentó ligeramente el nivel de hemoglobina, a diferencia del presente estudio que fue realizado en cerdos de inicio no presentó diferencias estadísticas en los parámetros hematológicos entre tratamientos y estos se encuentran dentro de los referenciales.

Una investigación realizada por Yanza (2019) reportó que la inclusión de superdosis de fitasa en cerdas lactantes no alteró los parámetros hematológicos en lechones que recibían leche materna encontrándose dentro de los rangos referenciales, estos resultados concuerdan con la presente investigación, en donde se proporcionó una dieta con fitasa ofrecida directamente en cerdos de inicio, que tampoco presentaron alteraciones ni diferencias en los parámetros sanguíneos.

### 4.3. RELACIÓN COSTO/BENEFICIO

La relación beneficio costo nos aporta un índice de cuanto vamos a generar por cada unidad de moneda (USD), en la que se estimó un mayor beneficio fue en el tratamiento T3 (2500 FTU) con una relación de 1.30 lo que significa que por cada \$1 de inversión se obtendrá un beneficio de \$ 0.30 ctvs. lo que viene siendo el 30% de beneficio con relación a la inversión, en el T2 una relación de 1.14, el T1 una relación de 1.19 superando al T0 y T2, el T0 una relación de 1.08.

**Tabla 4.6.** Relación beneficio de la inclusión de diferentes niveles de fitasa en dieta de cerdos de inicio

Parámetros	T0	T1	T2	T3
Peso promedio final (kg)	25.35	28.11	26.40	30.06
Total, de cerdos inicial (kg)	4.00	4.00	4.00	4.00
Total, de cerdos final (kg)	4.00	4.00	4.00	4.00
Consumo de alimento promedio (kg)	23.00	23.10	20.70	20.80
Egresos (\$)				
Costo de cerdos	\$ 55.00	\$ 55.00	\$ 55.00	\$ 55.00
Costo de alimentación	\$ 13.57	\$ 13.63	\$ 12.01	\$ 12.06
Acondicionamiento de infraestructura	\$ 2.50	\$ 2.50	\$ 2.50	\$ 2.50
Combustible	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00	\$ 3.00
Insumos veterinarios	\$ 1.35	\$ 1.35	\$ 1.35	\$ 1.35
Total, de egresos	\$ 75.42	\$ 75.48	\$ 73.86	\$ 73.91
Ingresos (\$)				
Total, de kg producido promedio	25.35	28.11	26.40	30.06
Precio por Kg	\$ 3.20	\$ 3.20	\$ 3.20	\$ 3.20
Ingreso por venta	\$ 81.12	\$ 89.95	\$ 84.48	\$ 96.19
<b>Beneficio costo</b>	1.08	1.19	1.14	1.30

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

La inclusión de 2500 FTU/kg en cerdos de inicio mejoró la ganancia de peso y conversión alimenticia a comparación de los tratamientos con menor inclusión de esta enzima, siendo esta una opción para mejorar la eficiencia de la producción en cerdos de inicio.

La inclusión de los distintos niveles de fitasa no afectó los parámetros hematológicos en cerdos de inicio y se encontraron dentro de los parámetros de referencia.

La inclusión de 2500 FTU/kg obtuvo el mejor costo/beneficio obteniendo un 30% de utilidad en cuanto a costos de producción.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

Considerar en próximas investigaciones aumentar las dosis de fitasa por arriba de los 2500 FTU/kg para verificar si mejora la eficiencia productiva, pero teniendo en cuenta que puede elevar los costos de producción.

Realizar pruebas bioquímicas de fósforo en heces para corroborar la eficiencia de la fitasa en futuras investigaciones.

Realizar un análisis de costo/beneficio sobre la inclusión de fitasa en niveles superiores a 2500 FTU/kg en futuras investigaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, A., y Cárdenas, M. (2006). Enzimas en la alimentación de las aves. Fitasas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40(4), 377-387.
- Aguilera Díaz, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Cofin Habana*, 11(2), 322-343.
- Alkarawi, H. H., Al-Musaifer, M. A., & Zotz, G. (2018). Phytate in seeds of wild plants. *Flora*, 244, 15-18.
- ASPE. (2019). Producción porcina en Ecuador. *Informativo Porcino*, 9, 20–21. [https://www.3tres3.com/articulos/produccion-porcina-en-ecuador\\_40926/](https://www.3tres3.com/articulos/produccion-porcina-en-ecuador_40926/)
- Bedford, M. R., & Partridge, G. G. (2010). Enzymes in farm animal nutrition. In *Enzymes in Farm Animal Nutrition*, 91(3), 241-242. [https://doi.org/10.1016/s0377-8401\(01\)00211-5](https://doi.org/10.1016/s0377-8401(01)00211-5)
- Braña, D. V., Ellis, M., Castaneda, E. O., Sands, J. S., & Baker, D. H. (2006). Effect of a novel phytase on growth performance, bone ash, and mineral digestibility in nursery and grower-finisher pigs. *Journal of animal science*, 84(7), 1839-1849.
- Broomhead, J. N., Lessard, P. A., Raab, R. M., & Lanahan, M. B. (2019). Effects of feeding corn-expressed phytase on the live performance, bone characteristics, and phosphorus digestibility of nursery pigs. *Journal of Animal Science*, 97(3), 1254-1261. <https://doi.org/10.1093/jas/sky479>
- Buades, F. J., Sanchís, C. P., Bestard, J. P., y Grases, F. F. (2017). Fosfatos de origen vegetal, fitato y calcificaciones patológicas en la enfermedad renal crónica. *Revista nefrología*, 37(1), 1-114. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2016.07.001>
- Campabadal, C. (2009). *Guía Técnica para Alimentación de Cerdos*. MAG <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L02-7847.PDF>
- Campagna, D. (2017). *Alimentación. Requerimientos Nutricionales y Aportes Alimenticios*. CIAP. <https://n9.cl/x6afc>
- Casso, R., y Montero, R. (2016). *Factores antinutricionales en la alimentación de animales monogástricos*. AVPA. <https://n9.cl/u3trp>
- Castro, M. A. Á., Rosalesa, S. G., Lourdes, A. M., Varela, D. B., Landín, G. M., y Ibargüengoytia, J. A. C. (2011). Fitasas y enzimas fibrolíticas en dietas para cerdos con diferentes sustratos. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 2(2), 117-135. <https://n9.cl/el1y0>
- Chachapoya, R. D. L. (2013). *Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos* [Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. <https://n9.cl/hnjg4>

- ChileBio. (2018). *Cerdos transgénicos que digieren mejor su comida pueden reducir el impacto ambiental de la industria porcina*. Chilebio. <https://n9.cl/z3vvgb>
- Costa, M., Lerchundi, G., Villarroel, F., Torres, M., y Schöbitz, R. (2009). Producción de enzima fitasa de *Aspergillus ficuum* con residuos agroindustriales en fermentación sumergida y sobre sustrato sólido. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 11(1), 73-83. <https://n9.cl/9pts6h>
- Cowieson, A. J., Ruckebusch, J. P., Knap, I., Guggenbuhl, P., & Fru-Nji, F. (2016). Phytate-free nutrition: A new paradigm in monogastric animal production. *Animal Feed Science and Technology*, 222, 180-189. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.10.016>
- Cowieson, A. J., Wilcock, P., & Bedford, M. R. (2011). Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. *World's Poultry Science Journal*, 67(2), 225-236. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000250>
- Czech, A., & Grela, E. R. (2004). Biochemical and haematological blood parameters of sows during pregnancy and lactation fed the diet with different source and activity of phytase. *Animal Feed Science and Technology*, 116(3-4), 211-223. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.07.013>
- Dersjant-Li, Y., Awati, A., Schulze, H., & Partridge, G. (2015). Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(5), 878-896. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6998>
- Dersjant-Li, Y., & Dusel, G. (2019). Increasing the dosing of a *Buttiauxella* phytase improves phytate degradation, mineral, energy, and amino acid digestibility in weaned pigs fed a complex diet based on wheat, corn, soybean meal, barley, and rapeseed meal. *Journal of Animal Science*, 97(6), 2524-2533. <https://doi.org/10.1093/jas/skz151>
- Domínguez, B. M., Gómez, M. V. I., y León, F. R. (2002). Ácido fítico: Aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52(3), 219-231. <https://n9.cl/c4dj>
- Eckardt, N. A. (2010). Myo-inositol biosynthesis genes in *Arabidopsis*: Differential patterns of Gene Expression and role in cell death. *Plant Cell*, 22(3), 537. <https://doi.org/10.1105/tpc.110.220310>
- Elizalde, A. D. D., Porrilla, Y., y Chaparro, D. C. (2009). Factores antinutricionales en semillas. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 7(1), 45-54. <https://n9.cl/bxdkf>
- FEDNA. (2012). *Fuentes de fósforo*. Fundación Española Para El Desarrollo de La Nutrición Animal. FEDNA. <https://n9.cl/3gcx0>

- Flores, A. I. S., Landín, G. M., Rosales, S. G., & Ibarguengoytia, J. A. C. (2009). Effect of fibrolytic enzymes and phytase on nutrient digestibility in sorghum-canola based feeds for growing pigs. *Técnica Pecuaria En México*, 47(1), 1-14. <https://n9.cl/tmur4>
- Frontela, C., Ros, G., y Martínez, C. (2008). Empleo de fitasas como ingrediente funcional en alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(3), 215-220. <https://n9.cl/c1qap>
- Friendship, R. M., Lumsden, J. H., McMillan, I., & Wilson, M. R. (1984). Hematology and biochemistry reference values for Ontario swine. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 48(4), 390-393.
- García-Contreras, A. C., Ortega, Y. D. L., Yagüe, A. P., González, J. G., Artiga, C. G. (2012). Alimentación práctica del cerdo/feeding practices for pigs. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 6(1), 21-50. <https://n9.cl/2jrtl5>
- Gonçalves, M. A. D., Dritz, S. S., Tokach, M. D., DeRouchey, J. M., Woodworth, J. C., & Goodband, R. D. (2016). Fact sheets - Comparing phytase sources for pigs and effects of superdosing phytase on growth performance of nursery and finishing pigs. *Journal of Swine Health and Production*, 24(2), 97-101. <https://n9.cl/c1qap>
- Harper, A. F., Kornegay, E. T., & Schell, T. C. (1997). Phytase supplementation of low-phosphorus growing-finishing pig diets improves performance, phosphorus digestibility, and bone mineralization and reduces phosphorus excretion. *Journal of Animal Science*, 75(12), 3174-3186. <https://doi.org/10.2527/1997.75123174x>
- Holloway, C. L., Boyd, D. R., Koehler, D., Gould, S. A., Li, Q., & Patience, J. F. (2019). The impact of "super-dosing" phytase in pig diets on growth performance during the nursery and grow-out periods. *Translational Animal Science*, 3(1), 419-428. <https://doi.org/10.1093/tas/txy148>
- Humer, E., Schwarz, C., & Schedle, K. (2015). Phytate in pig and poultry nutrition. In *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(4), 605-625. <https://doi.org/10.1111/jpn.12258>
- Kebreab, E., Hansen, A. v., & Strathe, A. B. (2012). Animal production for efficient phosphate utilization: From optimized feed to high efficiency livestock. In *Current Opinion in Biotechnology*, 23(6), 872-877. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2012.06.001>
- Kies, A. K., Kemme, P. A., Šebek, L. B. J., Diepen, J. T. M., & Jongbloed, A. W. (2006). Effect of graded doses and a high dose of microbial phytase on the digestibility of various minerals in weaner pigs. *Journal of Animal Science*, 84(5), 1169-1175. <https://doi.org/10.2527/2006.8451169x>
- Kong, Y., Li, X., Wang, B., Li, W., Du, H., & Zhang, C. (2018). The soybean purple acid phosphatase GmPAP14 predominantly enhances external phytate utilization in plants. *Frontiers in Plant Science*, 9, 292. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00292>

- Kühn, I., & Partanen, K. (2012). Phytase improves apparent total tract digestibility of phosphorus and calcium in piglets fed diets with adequate or reduced phosphorus content. *Journal of Animal Science*, *90*(4), 194-196. <https://doi.org/10.2527/jas.53902>
- Leiva, Y., Alba, C., Cambra, M., y Pascua, J. J. (2016). Eficacia de una nueva fitasa microbiana en dietas de cerdos en crecimiento. *Revista ECIPeru*, *13*(1), 8-8. <https://doi.org/10.33017/reveciperu2016.0004/>
- Leytem, A. B., & Thacker, P. A. (2010). Phosphorus utilization and characterization of excreta from swine fed diets containing a variety of cereal grains balanced for total phosphorus. *Journal of Animal Science*, *88*(5), 1860-1867. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2153>
- Luttrell, B. M. (1993). The biological relevance of the binding of calcium ions by inositol phosphates. *Journal of Biological Chemistry*, *268*(3), 1521-1524. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)53883-7](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)53883-7)
- Neira, A., Nava, E., Iliná, A., Álvarez, G., Gaona, J., y Martínez, J. (2013). Aspectos fundamentales de las fitasas. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes*, *21*(57), 58-63. <https://n9.cl/vyb78>
- Patiño, P. R., Barragan, W., y Vergara, Z. (2012). Mecanismos Reguladores De La Absorción De Fósforo. *Revista Colombiana*, *4*(2), 473-497. <https://n9.cl/s5eie>
- Pirgozliev, V., Oduguwa, O., Acamovic, T., & Bedford, M. R. (2007). Diets containing *Escherichia coli*-derived phytase on young chickens and turkeys: Effects on performance, metabolizable energy, endogenous secretions, and intestinal morphology. *Poultry Science*, *86*(4), 705-713. <https://doi.org/10.1093/ps/86.4.705>
- Quiles, A. (2013). Papel de las Fitasas en la Alimentación Porcina. *Nutrición*, 42-43. <https://acortar.link/8Nh7Y0>
- Rojas, M. C. (2015). Tipos de investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Revista Electrónica de Veterinaria*, *16*(1), 1-14. <https://n9.cl/vz2u>
- Rutherford, S. M., Chung, T. K., & Moughan, P. J. (2014). Effect of microbial phytase on phytate P degradation and apparent digestibility of total P and Ca throughout the gastrointestinal tract of the growing pig. *Journal of Animal Science*, *92*(1), 189-197. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6923>
- Sanmiguel, A. (2011). Investigación y uso de fitasas en avicultura. *Spei Domus*, *7*(15), 47-54. <https://n9.cl/tbve4>
- Selle, P. H., & Ravindran, V. (2008). Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. *Livestock Science*, *113*(2-3), 99-122. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.05.014>

- Shirley, R. B., & Edwards, H. M. (2003). Graded levels of phytase past industry standards improves broiler performance. *Poultry Science*, 82(4), 671-680. <https://doi.org/10.1093/ps/82.4.671>
- Slominski, B. A., Davie, T., Nyachoti, M. C., & Jones, O. (2007). Heat stability of endogenous and microbial phytase during feed pelleting. *Livestock Science*, 109(1-3), 244-246. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.01.124>.
- Soto-Salanova, M. F., Walk, C. L., y York, T. (2016). *Superdosificación de fitasas ¿mito o realidad?*. WPSA. <https://n9.cl/olvzx>
- Sulabo, R. C., Jones, C. K., Tokach, M. D., Goodband, R. D., Dritz, S. S., Campbell, D. R., Ratliff, B. W., Derouchey, J. M., & Nelssen, J. L. (2011). Factors affecting storage stability of various commercial phytase sources. *Journal of Animal Science*, 89(12), 4262-4271. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-3948>
- Timmons, J. R., Angel, R., Harter-Dennis, J. M., Saylor, W. W., & Ward, N. E. (2008). Evaluation of heat-stable phytases in pelleted diets fed to broilers from day zero to thirty-five during the summer months. *Journal of applied poultry research*, 17(4), 482-489. <https://doi.org/10.3382/japr.2008-00045>
- Viveros, A., Centeno, C., Brenes, A., Canales, R., & Lozano, A. (2000). Phytase and acid phosphatase activities in plant feedstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(9), 4009-4013. <https://doi.org/10.1021/jf991126m>
- Yanza, V. A. (2019). *Efecto de superdosis de fitasa sobre el desempeño productivo de cerdas reproductoras y su progenie durante la segunda mitad de la gestación*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional UCUENCA. <https://acortar.link/nD8213>
- Yangué, A. (2012). *ÍNDICE DE CONVERSIÓN PORCINA: FACTORES DE INFLUENCIA*. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_porcina/00-produccion\\_porcina\\_general/71-indice\\_Conversion\\_Porcina.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/71-indice_Conversion_Porcina.pdf)
- Zeng, Z. K., Wang, D., Piao, X. S., Li, P. F., Zhang, H. Y., Shi, C. X., & Yu, a. S. (2014). Effects of Adding Super Dose Phytase to the Phosphorus-deficient Diets of Young Pigs on Growth Performance, Bone Quality, Minerals and Amino Acids Digestibilities. *Asian-Australas J Anim Sci.*, 27(2), 237-246. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13370>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. SELECCIÓN DE CERDOS A ESTUDIO QUE SON HOMOGÉNEOS EN PESO



## ANEXO 2. AMBIENTACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA PARA EL ALOJAMIENTO DE LOS CERDOS



**ANEXO 3. ACONDICIONAMIENTO DE LA CAMA PROFUNDA**



**ANEXO 4. DOSIFICACIÓN DE FITASA PARA EL PROCESO DE MEZCLA**



**ANEXO 5. PREMEZCLAS Y ADITIVOS**



**ANEXO 6. PROCESO DE MEZCLADO Y ENVASADO DEL ALIMENTO  
BALANCEADO**



## ANEXO 7. COMEDERO AUTOMÁTICO



## ANEXO 8. IDENTIFICACIÓN DE CERDOS POR ENUMERACIÓN



**ANEXO 9. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE SANGRE****ANEXO 10. MUESTRAS DE SANGRE**

## ANEXO 11. PESAJE DEL ALIMENTO A ADMINISTRAR



## ANEXO 12. ALEATORIZACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES



### ANEXO 13. CERDOS AL INICIO DEL ESTUDIO



### ANEXO 14. CERDOS AL FINALIZAR EL ESTUDIO



## ANEXO 15. SHAPIRO WILKS PARÁMETROS PRODUCTIVOS

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Peso inicial	16	0.00	2.07	0.93	0.4213
RDUO Peso Semana 1	16	0.00	2.09	0.94	0.6143
RDUO Peso Semana 2	16	0.00	2.10	0.94	0.5650
RDUO Peso Semana 3	16	0.00	2.13	0.92	0.3828
RDUO GDP semana 1	16	0.00	0.13	0.94	0.5214
RDUO GDP Semana 2	16	0.00	0.10	0.88	0.1310
RDUO GDP Semana 3	16	0.00	0.23	0.88	0.0732
RDUO CA 1	16	0.00	0.08	0.87	0.0534
RDUO CA 2	16	0.00	0.17	0.97	0.9320
RDUO CA 3	16	0.00	0.19	0.96	0.7931

## ANEXO 16. PRUEBA DE LEVENE PARÁMETROS PRODUCTIVOS

### RABS Peso inicial

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Peso inicial	16	0.26	0.07	62.41

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.69	3	1.56	1.39	0.2942
Tratamientos	4.69	3	1.56	1.39	0.2942
Error	13.51	12	1.13		
Total	18.20	15			

### RABS Peso Semana 1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Peso Semana 1	16	0.28	0.10	64.68

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.58	3	1.86	1.56	0.2492
Tratamientos	5.58	3	1.86	1.56	0.2492
Error	14.25	12	1.19		
Total	19.83	15			

### RABS Peso Semana 2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Peso Semana 2	16	0.29	0.12	63.42

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.82	3	1.94	1.67	0.2263
Tratamientos	5.82	3	1.94	1.67	0.2263
Error	13.94	12	1.16		
Total	19.76	15			

## RABS Peso Semana 3

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Peso Semana 3	16	0.32	0.15	57.38

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.86	3	1.95	1.89	0.1843
Tratamientos	5.86	3	1.95	1.89	0.1843
Error	12.36	12	1.03		
Total	18.22	15			

## RABS GDP semana 1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS GDP semana 1	16	0.20	3.8E-03	68.50

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	3	5.0E-03	1.02	0.4184
Tratamientos	0.01	3	5.0E-03	1.02	0.4184
Error	0.06	12	4.9E-03		
Total	0.07	15			

## RABS GDP Semana 2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS GDP Semana 2	16	0.08	0.00	48.29

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.8E-03	3	5.8E-04	0.35	0.7901
Tratamientos	1.8E-03	3	5.8E-04	0.35	0.7901
Error	0.02	12	1.7E-03		
Total	0.02	15			

## RABS GDP Semana 3

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS GDP Semana 3	16	0.19	0.00	84.34

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.06	3	0.02	0.94	0.4506
Tratamientos	0.06	3	0.02	0.94	0.4506
Error	0.25	12	0.02		
Total	0.30	15			

## RABS CA 1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS CA 1	16	0.17	0.00	57.36

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.1E-03	3	1.4E-03	0.82	0.5056
Tratamientos	4.1E-03	3	1.4E-03	0.82	0.5056
Error	0.02	12	1.7E-03		
Total	0.02	15			

## RABS CA 2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS CA 2	16	0.37	0.21	77.76

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.06	3	0.02	2.31	0.1281
Tratamientos	0.06	3	0.02	2.31	0.1281
Error	0.11	12	0.01		
Total	0.17	15			

## RABS CA 3

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS CA 3	16	0.06	0.00	89.48

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	3	4.3E-03	0.25	0.8594
Tratamientos	0.01	3	4.3E-03	0.25	0.8594
Error	0.20	12	0.02		
Total	0.22	15			

## ANEXO 17. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS

### Peso inicial

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso inicial	16	0.30	0.12	14.68

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27.34	3	9.11	1.70	0.2204
Tratamientos	27.34	3	9.11	1.70	0.2204
Error	64.44	12	5.37		
Total	91.78	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.86464

Error: 5.3696 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	17.28	4	1.16 A
T1	16.88	4	1.16 A
T2	14.75	4	1.16 A
T0	14.25	4	1.16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Peso Semana 1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso Semana 1	16	0.36	0.20	11.93

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36.64	3	12.21	2.25	0.1354
Tratamientos	36.64	3	12.21	2.25	0.1354
Error	65.26	12	5.44		
Total	101.90	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.89555

Error: 5.4380 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	21.45	4	1.17 A
T1	20.58	4	1.17 A
T2	18.45	4	1.17 A
T0	17.74	4	1.17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Peso Semana 2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso Semana 2	16	0.37	0.22	10.01

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39.33	3	13.11	2.38	0.1203
Tratamientos	39.33	3	13.11	2.38	0.1203
Error	65.98	12	5.50		
Total	105.31	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.92263

Error: 5.4983 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	25.55	4	1.17 A
T1	24.21	4	1.17 A
T2	22.40	4	1.17 A
T0	21.51	4	1.17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Peso Semana 3

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso Semana 3	16	0.43	0.29	8.68

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51.09	3	17.03	2.99	0.0732
Tratamientos	51.09	3	17.03	2.99	0.0732
Error	68.27	12	5.69		
Total	119.36	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.00745

Error: 5.6895 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	30.06	4	1.19 A
T1	28.11	4	1.19 A
T2	26.40	4	1.19 A
T0	25.35	4	1.19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## GDP semana 1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GDP semana 1	16	0.81	0.76	3.76

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.01	3	0.34	16.82	0.0001
Tratamientos	1.01	3	0.34	16.82	0.0001
Error	0.24	12	0.02		
Total	1.25	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29742

Error: 0.0201 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	4.18	4	0.07 A
T1	3.70	4	0.07 B
T2	3.70	4	0.07 B
T0	3.49	4	0.07 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## GDP Semana 2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GDP Semana 2	16	0.79	0.74	2.76

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.51	3	0.17	14.87	0.0002
Tratamientos	0.51	3	0.17	14.87	0.0002
Error	0.14	12	0.01		
Total	0.64	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.22396

Error: 0.0114 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	4.10	4	0.05 A
T2	3.95	4	0.05 A B
T0	3.78	4	0.05 B C
T1	3.63	4	0.05 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## GDP Semana 3

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GDP Semana 3	16	0.60	0.49	6.21

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.12	3	0.37	5.88	0.0104
Tratamientos	1.12	3	0.37	5.88	0.0104
Error	0.76	12	0.06		
Total	1.89	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.52986

Error: 0.0637 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	4.51	4	0.13 A
T2	4.00	4	0.13 A B
T1	3.91	4	0.13 B
T0	3.84	4	0.13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## CA 1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CA 1	16	0.77	0.71	5.17

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.35	3	0.12	13.33	0.0004
Tratamientos	0.35	3	0.12	13.33	0.0004
Error	0.10	12	0.01		
Total	0.45	15			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.19588

Error: 0.0087 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T0	1.93	4	0.05 A
T1	1.93	4	0.05 A
T2	1.80	4	0.05 A
T3	1.57	4	0.05 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## CA 2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CA 2	16	0.63	0.54	9.83

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.71	3	0.24	6.81	0.0062
Tratamientos	0.71	3	0.24	6.81	0.0062
Error	0.42	12	0.03		
Total	1.13	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.39192

Error: 0.0349 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T0	2.18	4	0.09	A
T1	2.02	4	0.09	A B
T2	1.74	4	0.09	B
T3	1.66	4	0.09	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## CA 3

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CA 3	16	0.71	0.64	10.63

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.38	3	0.46	9.96	0.0014
Tratamientos	1.38	3	0.46	9.96	0.0014
Error	0.56	12	0.05		
Total	1.94	15			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.45182

Error: 0.0463 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T0	2.32	4	0.11	A
T1	2.31	4	0.11	A
T2	1.80	4	0.11	B
T3	1.67	4	0.11	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## ANEXO 18. PRUEBA DE SHAPIRO WILKS VARIABLE DE SALUD AL INICIO DEL ESTUDIO

### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Hematocrito (%)	16	0.00	1.53	0.93	0.4718
RDUO Hemoglobina g/dl	16	0.00	0.83	0.92	0.3345
RDUO Plaquetas mm <sup>3</sup>	16	0.00	13.72	0.90	0.1640
RDUO Leucocitos mm <sup>3</sup>	16	0.00	0.82	0.89	0.1280

## ANEXO 19. PRUEBA DE LEVENE DE LOS PARÁMETROS DE SALUD AL INICIO DEL ESTUDIO

### RABS Hematocrito (%)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Hematocrito (%)	16	0.25	0.06	79.69

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.42	3	1.14	1.34	0.3066
Tratamientos	3.42	3	1.14	1.34	0.3066
Error	10.19	12	0.85		
Total	13.61	15			

### RABS Hemoglobina g/dl

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Hemoglobina g/dl	16	0.42	0.27	50.51

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.07	3	0.36	2.87	0.0805
Tratamientos	1.07	3	0.36	2.87	0.0805
Error	1.49	12	0.12		
Total	2.55	15			

### RABS Plaquetas mm<sup>3</sup>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Plaquetas mm <sup>3</sup>	16	0.05	0.00	77.79

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	42.19	3	14.06	0.19	0.8983
Tratamientos	42.19	3	14.06	0.19	0.8983
Error	868.75	12	72.40		
Total	910.94	15			

### RABS Leucocitos mm<sup>3</sup>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Leucocitos mm <sup>3</sup>	16	0.14	0.00	63.13

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.37	3	0.12	0.66	0.5914
Tratamientos	0.37	3	0.12	0.66	0.5914
Error	2.22	12	0.18		
Total	2.58	15			

## ANEXO 20. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS PARÁMETROS DE SALUD AL INICIO DEL ESTUDIO

### Hematocrito (%)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hematocrito (%)	16	0.30	0.12	4.90

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14.75	3	4.92	1.69	0.2228
Tratamientos	14.75	3	4.92	1.69	0.2228
Error	35.00	12	2.92		
Total	49.75	15			

### Hemoglobina g/dl

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hemoglobina g/dl	16	0.22	0.03	7.77

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.91	3	0.97	1.13	0.3766
Tratamientos	2.91	3	0.97	1.13	0.3766
Error	10.33	12	0.86		
Total	13.24	15			

### Plaquetas mm<sup>3</sup>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Plaquetas mm <sup>3</sup>	16	0.06	0.00	5.04

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	168.75	3	56.25	0.24	0.8675
Tratamientos	168.75	3	56.25	0.24	0.8675
Error	2825.00	12	235.42		
Total	2993.75	15			

### Leucocitos mm<sup>3</sup>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leucocitos mm <sup>3</sup>	16	0.19	0.00	4.48

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.42	3	0.81	0.97	0.4400
Tratamientos	2.42	3	0.81	0.97	0.4400
Error	10.00	12	0.83		
Total	12.42	15			

## ANEXO 21. PRUEBA DE SHAPIRO WILKS DE LOS PARÁMETROS DE SALUD AL FINAL DEL ESTUDIO

### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Hematocrito (%)	16	0.00	1.43	0.89	0.1306
RDUO Hemoglobina g/dl	16	0.00	0.56	0.98	0.9798
RDUO Plaquetas mm <sup>3</sup>	16	0.00	9.35	0.92	0.3066
RDUO Leucocitos mm <sup>3</sup>	16	0.00	0.88	0.89	0.1124

## ANEXO 22. PRUEBA DE LEVENE DE LOS PARÁMETROS DE SALUD AL FINAL DEL ESTUDIO

### RABS Hematocrito (%)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Hematocrito (%)	16	0.33	0.16	57.01

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.69	3	0.90	1.95	0.1747
Tratamientos	2.69	3	0.90	1.95	0.1747
Error	5.50	12	0.46		
Total	8.19	15			

### RABS Hemoglobina g/dl

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Hemoglobina g/dl	16	0.20	0.01	96.64

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.45	3	0.15	1.03	0.4145
Tratamientos	0.45	3	0.15	1.03	0.4145
Error	1.74	12	0.14		
Total	2.18	15			

### RABS Plaquetas mm<sup>3</sup>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Plaquetas mm <sup>3</sup>	16	0.25	0.07	63.06

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	94.92	3	31.64	1.36	0.3025
Tratamientos	94.92	3	31.64	1.36	0.3025
Error	279.69	12	23.31		
Total	374.61	15			

RABS Leucocitos mm<sup>3</sup>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS Leucocitos mm <sup>3</sup>	16	0.09	0.00	71.82

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.29	3	0.10	0.37	0.7745
Tratamientos	0.29	3	0.10	0.37	0.7745
Error	3.14	12	0.26		
Total	3.44	15			

## ANEXO 23. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS PARÁMETROS DE SALUD AL FINAL DEL ESTUDIO

## Hematocrito (%)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hematocrito (%)	16	0.30	0.13	4.65

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13.19	3	4.40	1.72	0.2168
Tratamientos	13.19	3	4.40	1.72	0.2168
Error	30.75	12	2.56		
Total	43.94	15			

## Hemoglobina g/dl

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hemoglobina g/dl	16	0.03	0.00	5.22

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.15	3	0.05	0.13	0.9399
Tratamientos	0.15	3	0.05	0.13	0.9399
Error	4.67	12	0.39		
Total	4.82	15			

Plaquetas mm<sup>3</sup>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Plaquetas mm <sup>3</sup>	16	0.08	0.00	3.39

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	112.50	3	37.50	0.34	0.7949
Tratamientos	112.50	3	37.50	0.34	0.7949
Error	1312.50	12	109.38		
Total	1425.00	15			

Leucocitos mm<sup>3</sup>

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leucocitos mm <sup>3</sup>	16	0.16	0.00	4.77

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.21	3	0.74	0.76	0.5359
Tratamientos	2.21	3	0.74	0.76	0.5359
Error	11.56	12	0.96		
Total	13.76	15			