

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y  
ZOOTECNIA**



**Efecto del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre  
el nivel de omega-3 en huevos y respuesta bioeconómica  
en gallinas ponedoras**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

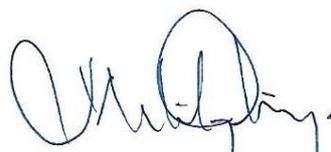
**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**NILDA SUSANA SILVA SILVA**

**TRUJILLO, PERÚ**

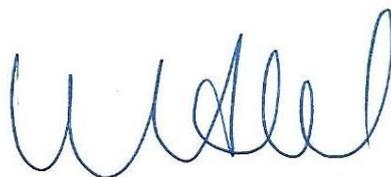
**2018**

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



---

M.V. Mg. Ciro Meléndez Tamayo  
PRESIDENTE



---

Ing. Mg. Mario Narro Saldaña  
SECRETARIO



---

Ing. Mg. César Honorio Javes  
VOCAL



---

Ing. Dr. Wilson Castillo Soto  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Dedico mi esfuerzo y empeño puesto en este trabajo a Dios, que me acompaña en todo camino que recorro, con infinito amor.

A mis queridos padres, Carlos y Dina, por su gran amor, constante aliento y apoyo incondicional.

A mi segunda madre, Haydee, por todo su amor y grandes enseñanzas, te llevo siempre en el corazón, aunque ya no estés.

A mi hermano Carlitos, por los buenos momentos juntos y enseñanzas a pesar de tu corta edad, te tengo presente en mí día a día.

A mi adorada hija Naiara, eres quien me impulsa día a día a salir adelante.

A mis hermanas queridas, Karla y Karen y a mi tía Susana por todo su apoyo y ayuda incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

Este trabajo de tesis realizado en la Universidad Privada Antenor Orrego es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron distintas personas apoyando, corrigiendo y vertiendo opiniones para mejorar el trabajo que llevaba realizando. Así logré asimilar de la experiencia de muchas personas a las cual agradezco infinitamente.

En primer lugar, a mis padres, que siempre estuvieron apoyándome y empujándome, gracias por su paciencia ante mi inconsistencia. Sin ellos, nada de esto hoy sería una realidad, la paciencia, amparo y cariño que me brindaron de forma incondicional, entendiendo mis ausencias y mis malos ratos, son la forma de afecto que no se describen con palabras.

A mi asesor de tesis, Ing. Dr. Wilson Castillo Soto, mi más amplio agradecimiento por confiar en mí, por su valioso tiempo, apoyo y dirección para seguir este camino de tesis y llegar a la conclusión del mismo.

## ÍNDICE

	Página
CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA .....	4
2.1. Generalidades.....	4
2.2. Grasas y aceites .....	5
2.3. Ácidos grasos esenciales (AGE).....	6
2.3.1. Relación entre ácidos grasos n-6 y n-3.....	9
2.3.2. Fuentes de ácidos grasos n-3 .....	10
2.3.3. Mecanismo de acción de los ácidos grasos n-3.....	11
2.4. Efectos benéficos de los Ag n-3.....	12
2.4.1. La diabetes y los ácidos grasos .....	12
2.4.2. Durante la gestación .....	13
2.4.3. Durante el crecimiento .....	14
2.4.4. Sobre el sistema cardiovascular.....	14
2.4.5. Sobre el sistema nervioso .....	15
2.4.6. Niveles recomendados de ácidos grasos omega - 3.....	16
2.5. El sacha inchi.....	16
2.5.1. Características físicas y químicas del aceite crudo de sacha inchi .....	17

2.5.2. Composición en ácidos grasos del aceite de sacha inchi.....	20
2.6. Aplicaciones de omega n-3 en diversas especies domésticas ..	21
2.7. Generalidades sobre avicultura .....	22
2.7.1. Alimentación de las aves.....	22
2.7.2. Valor nutritivo del huevo de gallina.....	22
2.7.3. Ensayos que se han hecho para modificar la composición de lípidos en el huevo de gallina .....	23
2.7.4. Metabolismo de los lípidos en gallinas ponedoras .....	26
2.8. Efecto de los ácidos grasos omega 3 de la dieta.....	28
2.8.1. En la producción avícola .....	28
2.8.2. En la composición del huevo.....	28
2.9. Requerimientos de ácidos grasos de la gallina.....	32
2.9.1. Digestión, absorción y excreción de los lípidos .....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	35
3.1. Lugar de Ejecución .....	35
3.2. Animales Experimentales .....	35
3.3. Instalaciones y Equipos .....	35
3.4. Tratamientos .....	35
3.5. Alimentación .....	36
3.6. Manejo y sanidad.....	38
3.7. Variables dependientes evaluadas .....	39
3.8. Mérito económico.....	41
3.9. Análisis estadístico .....	41
IV. RESULTADOS.....	42
4.1. Comportamiento productivo .....	42
4.2. Análisis de Ácidos grasos en el huevo.....	51
4.3. Mérito económico.....	53
V. DISCUSIÓN .....	55
5.1. Comportamiento productivo .....	55
5.2. Ácidos grasos en huevo.....	57

5.3. Mérito económico.....	58
VI. CONCLUSIONES.....	60
VII. RECOMENDACIONES .....	61
VIII. BIBLIOGRAFÍA .....	62
IX. ANEXOS .....	64

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Análisis físico-químico del aceite de sachá inchi. ....	18
Cuadro 2. Composición de ácidos grasos del aceite de sachá inchi .....	20
Cuadro 3. Composición nutritiva de un huevo de 60 g y necesidades diarias de personas que, al consumir dos huevos por día, son cubiertas.....	31
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento, según la inclusión del aceite de Sachá inchi. ....	36
Cuadro 5. Composición porcentual de las dietas de gallinas en la etapa de postura, según la inclusión del aceite de Sachá inchi. ....	37
Cuadro 6. Valor nutricional de las dietas de gallinas en la etapa de postura, según la inclusión del aceite de Sachá inchi. ....	38
Cuadro 7. Comportamiento productivo promedio de gallinas Hisex Brown alimentadas con diferentes niveles de aceite de Sachá inchi de 26 a 30 semanas de edad. ....	42
Cuadro 8. Resultados de ácidos grasos en yema de huevos, por tratamiento, para las semanas 2 y 4 después de iniciado el experimento. ....	52
Cuadro 9. Resultados grasa y colesterol en yema de huevos, por tratamiento y por semana. ....	53
Cuadro 10. Costos de producción, ingresos y beneficios netos que se obtuvieron en cada tratamiento durante el periodo de evaluación.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Comportamiento de la producción semanal promedio de huevos desde las 27 hasta las 30 semanas, según el tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (**=P<0.01, Ns=no significativo). ....	43
Figura 2. Comportamiento de la producción promedio de huevos, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (**=P<0.01).....	44
Figura 3. Comportamiento del peso promedio de huevos semanal desde las 27 hasta las 30 semanas, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (**=P< 0.01).....	45
Figura 4. Comportamiento del peso del huevo promedio, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (**=P<0.01) .....	45
Figura 5. Comportamiento de la masa promedio semanal de huevos desde las 27 hasta las 30 semanas, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (**=P< 0.01).....	46
Figura 6. Comportamiento de la masa del huevo promedio, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (**=P<0.01). ....	46
Figura 7. Comportamiento del consumo de alimento promedio semanal en gramos, desde las 27 hasta las 30 semanas, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (**=P<0.01, *=P<0.05, Ns=no significativo). ....	48

- Figura 8. Comportamiento del consumo de alimento promedio, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (\*= $P < 0.05$ ). ..... 48
- Figura 9. Comportamiento de la conversión alimenticia promedio semanal desde las 27 hasta las 30 semanas de postura, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (\*\*= $P < 0.01$ ). ..... 49
- Figura 10. Comportamiento de la conversión alimenticia promedio, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (\*\*= $P < 0.01$ ). ..... 49
- Figura 11. Comportamiento del peso corporal promedio de aves en g, desde las 27 hasta las 30 semanas, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (\*\*= $P < 0.01$  y \*= $P < 0.05$ ). ..... 50
- Figura 12. Comportamiento del peso de las aves promedio, según tipo de tratamiento analizado en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (\*\*= $P < 0.01$ ). ..... 51

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Producción de huevos (%) y número de huevos/ave por tratamiento en gallinas ponedoras.....	64
Anexo 2. Peso promedio de huevos (g) y masa de huevos promedio de gallinas ponedoras.....	65
Anexo 3. Consumo promedio de alimento ave/día (g) y conversión alimenticia semanal (C.A.S.) en gallinas ponedoras.....	66
Anexo 4. Peso corporal promedio (g) en gallinas ponedoras.....	67
Anexo 5. Resultados de ácidos grasos en yema de huevos, por tratamiento, para la semana 2. ....	68
Anexo 6. Resultados de ácidos grasos en yema de huevos, por tratamiento y para la semana 4. ....	69

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición del aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de las gallinas ponedoras como fuente de ácidos grasos poliinsaturados, principalmente linolénico para su deposición.

Se utilizaron 140 gallinas de la línea Hisex Brown, divididos en cuatro tratamientos, que consistieron en la incorporación del aceite de sachá inchi en la dieta en niveles de 0.0% (SI0), 1.5% (SI15), 3.0% (SI30), 4.5% (SI45). Las aves del estudio fueron distribuidas a través de un DCA con cuatro tratamientos, cinco repeticiones y siete aves por repetición. Las aves ingresaron al experimento con 26 semanas de edad y fueron evaluados los niveles de omega-3 en los huevos, el peso corporal, consumo de alimento, masa de huevos, peso de huevos, índice de conversión alimenticia (ICA) y mérito económico.

La inclusión del aceite de sachá inchi del 1.5% en la dieta de las gallinas ponedoras influye en un mayor contenido de ácidos grasos omega-3 en el huevo.

Los índices productivos encontrados como promedio de todas las semanas evaluadas mostraron una respuesta lineal altamente significativa ( $P > 0.01$ ) de aumento a mayor inclusión de aceite de Sacha inchi. El mejor mérito económico, se consiguió con la inclusión de 3.0% (SI30) de aceite de sachá inchi en la dieta.

Se concluye que la inclusión de Sacha Inchi en la dieta de las gallinas ponedoras mejoran los índices productivos y el nivel de omega 3 en el huevo.

## **ABSTRACT**

The objective of the present study was to evaluate the effect of the addition of Sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis*) on the diet of laying hens as a source of polyunsaturated fatty acids, mainly linolenic for their deposition.

140 hens of the Hisex Brown line were used, divided into four treatments, which consisted of the incorporation of sacha inchi oil into the diet at levels of 0.0% (SI0), 1.5% (SI15), 3.0% (SI30), 4.5 % (SI45). The birds of the study were distributed through a DCA with four treatments, five repetitions and seven birds per repetition. The birds entered the experiment at 26 weeks of age and were evaluated the levels of omega-3 in eggs, body weight, feed consumption, egg mass, egg weight, feed conversion ratio (ICA) and economic merit.

The inclusion of sacha inchi oil of 1.5% in the diet of laying hens influences a higher content of omega-3 fatty acids in the egg.

The productive indices found as average of all the weeks evaluated showed a highly significant linear response ( $P > 0.01$ ) of increase to greater inclusion of Sacha inchi oil. The best economic merit was achieved with the inclusion of 3.0% (SI30) of sacha inchi oil in the diet.

It is concluded that the inclusion of Sacha Inchi in the diet of the laying hens improves the productive indexes and the level of omega 3 in the egg.

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los sectores con mayor incremento en la producción en los últimos años es la avicultura, sin embargo, los costos de producción han tendido al alza de los insumos.

Siendo la alimentación, en la producción animal, un proceso importante y decisivo en la calidad final del producto, ya que este representa entre el 65% al 70% de los costos, porcentajes que tienden a crecer día a día en todo el mundo por la escases de insumos primarios, es que se realizan estudios de diversos alimentos que podamos utilizar en la dieta de las aves, saber el aporte nutricional de cada uno y así poder reducir los costos de la dieta.

Se busca también utilizar productos que además de aportar un valor nutritivo de aminoácidos y energía, contengan otros nutrientes que se requieren en pequeñas cantidades que son esenciales para el animal y que puedan ser incorporadas en los productos como el huevo, buscando adicionar un valor agregado, el cual podría influir en una mayor rentabilidad en la crianza.

Entre los nutrientes que se incorporan en el huevo y que es dependiente de la concentración en la dieta, se encuentran los ácidos grasos esenciales poliinsaturados (omega 3 y omega 6).

El consumo de Omega 3 durante el embarazo y los primeros años de vida tiene directa relación con el coeficiente intelectual del niño. También está relacionado con efectos positivos sobre la depresión, así como también en el Alzheimer y el mal de Parkinson. Los ácidos grasos de cadena larga n-3 son favorables para el desarrollo del cerebro y muy

eficaces en la prevención de problemas cardiovasculares, esto último por sus efectos antiaterogénico y antitrombótico. Dichos ácidos grasos omega-3 también participan en la reducción del crecimiento de células cancerígenas (Jenkins y Wolever, 1990).

Los animales superiores y el hombre dependen del suministro en la dieta de éstos ácidos grasos, debido a que no sintetizan dobles enlaces en la posición 3 de los ácidos grasos, recomendándose un consumo mínimo de 1.5 g diarios de ácido eicosapentaenoico (EPA : C20:5, n-3) o de ácido docosahexaenoico (DHA : C22:6 n-3). Se ha establecido que en términos de ácido linolénico (ALA o C18:3 n-3), un consumo mínimo de 2.22 g/d es lo adecuado en personas adultas (Connor, 2000).

En los Estados Unidos y en Europa se utiliza la linaza como fuente de ácidos grasos n-3 de cadena corta y en el Perú el Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis Linneo*), ambos productos presentan un alto contenido en ácidos grasos esenciales, como ALA (n-3) y linoleico AL (n-6), poco abundantes en la naturaleza y muy importantes en la prevención y cuidado de la salud. Estudios revelan, que el aceite de Sacha inchi es beneficioso y que resulta imprescindible incluirlo en nuestras comidas ya que favorece al correcto desarrollo y funcionamiento tanto del sistema nervioso como del cerebro pues es rico en ácidos grasos esenciales, como lo son los Omega 3, Omega 6 y Omega 9 (Carrero, 2005).

Estos productos se vuelven más importantes si además de cumplir con lo antes descrito, consiguen ser incorporados en los huevos de las aves y ser fuente de nutrientes esenciales para los humanos, sin embargo, el uso de Sacha Inchi como fuente de aceites grasos esenciales en dietas de gallinas ponedoras aún no ha sido reportado.

Considerando los beneficios de los AGE presentes en el sachá inchi y teniendo las limitaciones para el consumo directo en la dieta de humanos. Una alternativa es buscar incorporar estos AGE en productos de mayor consumo, entre ellos se encuentra el huevo. De demostrarse que los resultados de su incorporación son favorables, entonces los productores de huevos tendrán un producto diferente que podría conllevar a tener mayores ganancias y ser un aporte para la población quienes se verían beneficiada en el ámbito de la salud.

Por tales motivos, el objetivo del trabajo de investigación fue determinar el efecto de la adición de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*, Linneo) en dietas de gallinas ponedoras sobre el nivel de omega-3 en huevos y la respuesta bioeconómica.

## II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

### 2.1. Generalidades

La noción de ácidos grasos esenciales (AGE) apareció en 1929 y sólo en la década del 80 se comenzaron a dilucidar sus funciones específicas, muchas de las cuales continúan siendo desconocidas. Antes de ser descubiertos por la ciencia, las civilizaciones ancestrales hacían uso de estos ácidos poliinsaturados a través del consumo de pescados de mar, vegetales verdes, semillas y algas, asegurando su presencia en la dieta, como factor de salud (Connor, 2000).

Los AGE sufren varias transformaciones a nivel hepático. Estas reacciones (desaturación y elongación de la cadena de carbono) dependen de la presencia de enzimas que son inhibidas por las hormonas secretadas bajo estrés y son bloqueadas por el alcohol, la sacarosa, ciertos virus, radiaciones, ácidos grasos saturados y ácidos grasos producidos artificialmente en el proceso de refinación de los aceites. Por el contrario, estas reacciones son favorecidas por la presencia de otros nutrientes (Siscovick y otros, 1996). Una vez transformados los ácidos grasos poliinsaturados quedan listos para formar moléculas complejas, sobre todo del cerebro, las membranas celulares y los sistemas nervioso, inmune y hormonal (Marshall y otros, 1991).

Hoy se comienza a comprender la importancia de los ácidos grasos esenciales en la formación de las membranas celulares, que aseguran los intercambios entre el medio interior de la célula y su entorno. Cuanto más flexibles y elásticas necesitan ser las membranas, mayor es el requerimiento de ácidos grasos de cadena larga. Es el caso de las paredes elásticas de las arterias o las células nerviosas mensajeras de señales

ultrarrápidas (ricas en ácidos n-3) y de la retina, constituida en un 60% por el ácido poliinsaturado DHA (Adler y Holub, 1997).

Se puede indicar que la calidad de una membrana celular dependerá de los ácidos grasos que la componen. Una carencia o un desequilibrio entre las dos familias de AGE (n-3 y n-6) e incluso una deficiencia en el proceso de transformación, son factores que influyen negativamente en todo el cuerpo y particularmente en órganos cuyas necesidades de ácidos grasos son prioritarias: el cerebro, las arterias y el sistema nervioso (Anderson, 1996).

Para comprender la importancia de estos desequilibrios, los síntomas característicos derivados de la carencia de los principales tipos de AGE son: eczemas, acné, psoriasis, piel seca, caída del cabello, degeneración hepática y renal, excesiva sudoración y sed; susceptibilidad a infecciones, incapacidad para cicatrizar heridas, esterilidad masculina, abortos espontáneos, artritis y enfermedades relacionadas, problemas cardiovasculares, alergias, hiperactividad, debilidad, pérdida de visión, reducción de capacidad de aprendizaje, falta de coordinación, triglicéridos altos, presión sanguínea elevada, inflamación crónica, edemas, deterioro cognitivo mental, metabolismo lento y esclerosis múltiple (Jenkins y Wolever, 1990).

## **2.2. Grasas y aceites**

Los vegetales sintetizan aceites a partir de hidratos de carbono, como forma de almacenar energía solar. Por lo general las plantas almacenan aceites en semillas, para que el embrión en desarrollo tenga disponibilidad de fuente de energía hasta que comience a fabricar azúcar por fotosíntesis. También hay vegetales que concentran aceites en sus frutos y otros que la depositan en sus hojas (Sprecher y otros, 1995).

Los ácidos grasos se dividen, según sus características estructurales, en dos grandes grupos: ácidos grasos saturados (AGS) y ácidos grasos insaturados (AGI), éstos últimos, dependiendo del grado de insaturación que posean se pueden clasificar como ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y ácidos grasos poliinsaturados (AGPI). Estos AGI dependiendo de la posición del doble enlace, pueden clasificarse en tres series principales: ácidos grasos n-9 (primer doble enlace en el carbono 9), ácidos grasos n-6 (primer doble enlace en el carbono 6) y ácidos grasos n-3 (primer doble enlace en el carbono 3) (Politi y otros, 2001; Crawford, 2000).

### **2.3. Ácidos grasos esenciales (AGE)**

Se llaman AGE a los que no pueden ser sintetizados en el organismo, por lo que se les tiene que obtener por medio de la dieta.

Existen dos AGE: el ALA que forma parte de la familia de ácidos grasos n-3 y AL que forma parte de la familia de ácidos grasos n-6. Ambos son necesarios para la estructura de la membrana celular y dado que son insaturados, ayudan a mantener las membranas flexibles. Son precursores de los eicosanoides que afectan varios procesos biológicos, incluyendo la agregación o coagulación de plaquetas de sangre y la contracción de vasos sanguíneos; también ayudan a conservar las capas de la piel e intervienen en el metabolismo del colesterol (Carrero, 2005).

El ácido graso n-9 o ácido oleico tiene sólo un doble enlace en su estructura y está presente en el aceite de oliva, canola, aceitunas, almendras, avellanas, nueces, paltas y en grasas de origen animal. Este ácido graso tiende a disminuir niveles de LDL sin afectar el HDL. Se estima que un consumo adecuado de omega n-9 junto a una disminución de las grasas saturadas tiene un efecto beneficioso en la salud (Suzuki y otros, 2001).

El ácido graso n-9 o ácido oleico no es esencial, los humanos pueden sintetizarlo, no requiere estar presente en la dieta, no ocurre lo mismo con los ácidos grasos n-6 y n-3, ya que el organismo no los sintetiza. De esta forma, los ácidos grasos como el AL y el ALA son esenciales, por cuanto la dieta debe contenerlos en proporciones adecuadas ya que su carencia en la ingesta produce serias alteraciones metabólicas (Politi y otros, 2001; Crawford, 2000).

En teoría, algunos animales pueden convertir el ALA en ácidos grasos EPA y DHA en una forma relativamente eficiente. Sin embargo, otros tienen una habilidad muy limitada. Los peces y los humanos están en esta categoría porque sólo hay una conversión de alrededor de 5% de ALA a EPA y menos de 0.5% a DHA en el caso de humanos (Carrero, 2005).

Entre los beneficios del n-3 (Simopoulos, 2000) se encuentran: Bajan los triglicéridos, elevan el colesterol bueno o HDL, previenen ciertas arritmias, previenen la formación de trombos y favorecen la vasodilatación.

Los ácidos grasos n-6 poliinsaturados como el AL y derivados como el ácido araquidónico (AA) presentes en los aceites de maíz, soya y girasol, tienden a reducir tanto las Lipoproteínas de Baja Densidad (LDL) como las Lipoproteínas de Alta Densidad (HDL) en la sangre (Crawford, 2000).

En base a numerosas investigaciones clínicas, se han considerado ciertas recomendaciones que enfatizan la necesidad de modificaciones en la composición de ácidos grasos de la dieta humana. Una de las recomendaciones se relaciona con la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados consumidos, en particular, la cantidad relativa de los denominados ácidos grasos n-6 y n-3. El desbalance actual en la dieta entre estas clases de ácidos grasos deberá rectificarse por un mayor consumo de los ácidos de cadena larga n-3, particularmente EPA y DHA (Leskanich y Noble, 1997).

Así, se han conducido muchos estudios con el objeto de mejorar el consumo en la dieta humana de ácidos grasos Omega 3 y conferir los efectos benéficos para la salud humana y la resistencia a enfermedades. Estos estudios han mostrado que la deposición de poliinsaturados n-3 en los músculos y tejidos adiposos se podría incrementar mediante la suplementación en la dieta con fuentes ricas en estos ácidos grasos (López-Ferrer y otros, 1999). Debido a que el consumo de aves en los Estados Unidos es alto y sigue aumentando, ha habido intentos para incrementar el contenido de ácidos grasos n-3 de las aves por la suplementación en las dietas avícolas con aceites ricos en ácidos grasos n-3 (Chamnugam y otros, 1992).

Varios investigadores han indagado sobre el valor de los productos animales entre ellos el huevo enriquecido con ácidos grasos poliinsaturados Omega 3 (Farrel, 1996). Además, se ha notado que los ácidos grasos n-3 de la yema responden a la manipulación dietario. Un huevo rico en ácidos grasos poliinsaturados n-3 puede ser atractivo al consumidor (Herber y Van Elswyk, 1996).

Una investigación previa ha indicado que la inclusión de una fuente de ácidos grasos n-3 en la dieta de gallinas ponedoras produce un huevo con un contenido de ácidos grasos n-3 elevados. (Herber y Van Elswyk, 1996). Justamente uno de estos huevos (de gallina) enriquecidos provee el 40% del consumo diario de ácidos n-3 recomendado. Por lo tanto, el reemplazo de los huevos típicos en la dieta del consumidor con huevos ricos en ácidos grasos n-3 podría ocasionar un mayor consumo, aumentando la disponibilidad dietaria de ácidos grasos n-3 (Herber y Van Elswyk, 1996).

Los huevos enriquecidos con n-3 poseen varias ventajas como portadores de ácidos grasos poliinsaturados n-3. Así, es posible controlar

la concentración de n-3 en los huevos a través del cambio dietario. El huevo es aceptado ampliamente como alimento humano de estándar excepcionalmente alto. Además, el ave puede actuar como “filtro biológico” para retirar o reducir algún contaminante indeseable. Posteriormente, al compararlo con el pescado, la fuente más deseable de ácidos grasos poliinsaturados n-3, el huevo está disponible en pequeñas cantidades, no es contaminado con huesos y es poco probable que posea residuos o metales pesados (Farrel, 1996).

### **2.3.1. Relación entre ácidos grasos n-6 y n-3**

Uno de los principales problemas de la moderna dieta industrializada radica en el desequilibrado aporte de n-6 respecto a los n-3. Esto se explica por el masivo consumo de productos de cría animal estabulada y de aceites procesados industrialmente (refinados). Dado que estos procesos hacen intensivo el uso de fuentes vegetales ricos en n-6 (maíz, soya, girasol) y descartan las tradicionales fuentes de n-3 (pasturas naturales), el desequilibrio alcanza proporciones alarmantes (Koivisto y Defronzo, 1983).

Los ácidos grasos n-6 son esenciales, pero tienden a consumirse en exceso en las dietas modernas. Se ha demostrado que los ácidos grasos n-6 y n-3, no sólo se deben tomar en cantidades suficientes, también hay que guardar una cierta proporción entre ambos. La proporción óptima recomendada está en 4:1 o 5:1.

Por una cuestión de costos, los modernos procesos industriales se realizan básicamente con aceites poliinsaturados ricos en n-6. Dado que poseen más enlaces libres, en presencia de temperatura y oxígeno estos ácidos grasos dan lugar a moléculas reactivas (radicales libres, oxicolesterol). Incluso este aspecto no es convenientemente

advertido en el uso doméstico de los aceites comestibles (Chapman y Hall, 1999).

Distintos estudios relacionan el exceso en el consumo de los ácidos grasos n-6 con enfermedades cardiovasculares, cáncer y patologías relacionadas con procesos inflamatorios e inmunológicos; dichos estudios evidencian efectos benéficos por el simple incremento en la ingesta de los ácidos grasos n-3. En problemas cardiovasculares, el consumo 4:1 entre n-6 y n-3 está relacionado a un 70% de disminución de la mortalidad de los pacientes estudiados. En cáncer de colon, el consumo de una relación 2.5:1 entre omegas reduce la proliferación de células tumorales; no así la relación 4:1 (Harris, 1997).

### **2.3.2. Fuentes de ácidos grasos n-3**

Las fuentes más importantes son los pescados azules, como la sardina, que tiene 1:7 entre n-6 y n-3. Las mejores alternativas en el mundo vegetal son la chía o salvia hispánica, el lino y las semillas de calabaza. En general, desequilibran menos la proporción las carnes de animales criados con pasto que los criados con grano (Sprecher y otros, 1995). Hay otras fuentes de n-3 que no resultan útiles por tener también mucho n-6, como las nueces o el aceite de colza (Suzuki y otros, 2001).

Los ácidos grasos n-3 denominados EPA y DHA abundan en los pescados de agua fría, como caballa, salmón, atún albacora, sardinas y trucha de lago entre otros, los que tienen altos niveles de grasas saludables. El alto contenido de DHA y EPA en el pescado es consecuencia del consumo de fitoplancton (rico en AGPI n-3), que contribuye a la adaptación de los peces a las aguas frías. El contenido de AGPI n-3 de alrededor de 30% (60% EPA y 40% DHA) varía en función de la especie de pescado, su localización, la estación del año y la disponibilidad de fitoplancton (Valenzuela y Nieto, 2001).

Entre los vegetales, la linaza con 58% de aceite es considerada como la fuente más rica de ALA (n-3) y sigue en orden de importancia el sacha inchi con 54% de aceite. La semilla de colza, la soya, el germen de trigo y las nueces contienen entre un 7 y un 13% de ALA. Algunos autores consideran a las verduras como una buena fuente de ALA (por ejemplo, espinaca, lechuga), aunque su contenido graso es bastante bajo. La carne de origen animal, particularmente la de rumiantes y los productos lácteos también proporcionan ALA en menores cantidades (Peet, 2006).

### **2.3.3. Mecanismo de acción de los ácidos grasos n-3**

Aún no está claro el mecanismo mediante el cual los ácidos grasos n-3 ejercen su efecto protector. Se han propuesto varios posibles mecanismos, entre ellos se ha descrito la capacidad que tienen estos ácidos grasos para influenciar en la coagulación sanguínea y la trombosis, el perfil de los lípidos plasmáticos, la presión sanguínea, la arritmia y la inflamación (Romero, 2000).

Los efectos ateroprotectores derivados de la ingesta de AGPI n-3 provienen principalmente de su incorporación a los fosfolípidos de las membranas de las células, sustituyendo parcialmente el AA como sustrato inicial para la producción de eicosanoides (Chapman y Hall, 1999).

Cuando las células vasculares sufren algún tipo de daño, se desencadena el proceso de agregación plaquetaria. Los intermediarios derivados del metabolismo de los AGPI n-3 son menos protrombóticos y vasoconstrictores que los derivados procedentes del n-6. El contenido en ácidos grasos de las plaquetas origina la producción de tromboxano A<sub>2</sub> a partir de la familia n-6 o de tromboxano A<sub>3</sub> a partir de la familia n-3. Este último posee un efecto proagregante menor que el tromboxano A<sub>2</sub>,

reduciendo, por tanto, la agregación plaquetaria y la trombosis (Connor, 2000).

El efecto más conocido derivado del consumo de ácidos grasos n-3 es el hipolipemiante (Chapman y Hall, 1999), es decir, el efecto reductor sobre los triglicéridos (TG) del plasma. Los TG elevados son un factor de riesgo independiente de las Enfermedades Cardiovasculares (ECV), especialmente en individuos con valores reducidos de colesterol ligado a HDL. Tras consumir una comida rica en grasa se produce un aumento característico de los TG sanguíneos que se conoce con el nombre de hiperlipemia postprandial o respuesta postprandial (Siscovick y otros, 1996).

La intensidad de esta respuesta también se considera un factor de riesgo de ECV y está relacionada con el tipo de grasa ingerida. Algunos estudios indican que la ingesta de DHA y EPA reduce el aumento postprandial de los TG y por tanto, produce un efecto beneficioso (Zampelas y otros, 1998). Con respecto a los efectos de los AGPI n-3 sobre el colesterol sanguíneo, en la mayoría de los estudios llevados a cabo se han encontrado efectos significativos sobre el colesterol total (Harris, 1997). Los aceites de pescado suelen producir un aumento en el colesterol ligado a HDL de un 10%, aunque éste depende del alimento y de las cantidades de n-3 ingeridas (Chapman y Hall, 1999).

## **2.4. Efectos benéficos de los Ag n-3**

### **2.4.1. La diabetes y los ácidos grasos**

Se ha demostrado que el porcentaje de calorías de la grasa en la dieta, especialmente la grasa saturada está asociada con la diabetes tipo II, lo mismo que para predecir la conversión de una intolerancia a la glucosa a la diabetes tipo II (Marshall y otros, 1991).

En un estudio clínico se encontró que los AGE como el EPA y el DHA ayudan mucho a los pacientes diabéticos que sufren de la complicación crónica conocida como neuropatía diabética (Keen y Payan, 1993). Por otro lado, hay suficiente evidencia que demuestra que un exceso de n-6 con una deficiencia de n-3 puede producir una resistencia a la insulina, demostrándose que la sensibilidad a la insulina disminuye cuando los niveles de ácidos grasos n-3 están disminuidos. Esto significa que una de las claves del problema es la relación entre los niveles de n-3 y los niveles de n-6 (Borkman, 1993).

La complementación con ácidos grasos n-3 a largo plazo, reduce LDL, con efectos positivos sobre HDL. Estos cambios son considerados indicativos de un manejo mejorado de la glucosa. La insulina se requiere para la síntesis de ácidos grasos n-3 (Keen y Payan, 1993).

#### **2.4.2. Durante la gestación**

Los AG n-3 son componentes estructurales del cerebro y de la retina durante el desarrollo del feto. Se ha estimado que aproximadamente 600 mg de los AGE son transferidos de la madre al feto durante una gestación a término, en una madre sana (Auestad e Innis, 2000).

La placenta transporta selectivamente DHA y AA de la madre al feto, esto produce un enriquecimiento de estos AG en los lípidos circulantes del feto, lo cual es vital durante el tercer trimestre de gestación, que es cuando el desarrollo del sistema nervioso es mayor. Se ha observado un incremento notable en el contenido de DHA en el tejido cerebral durante el tercer trimestre y después del nacimiento (Connor, 2000), por lo que algunos estudios recomiendan que el consumo de pescado y el suplemento con aceite de pescado reducen la incidencia de partos prematuros (Koivisto y Defronzo, 1983).

### **2.4.3. Durante el crecimiento**

En niños amamantados o alimentados con fórmulas que contienen DHA se ha encontrado una mejor agudeza visual y una mejor capacidad para responder a la luz, lo cual está asociado con una mejor habilidad cognitiva para integrar información, se sabe además que los AG n-3 son esenciales para un crecimiento y desarrollo normal, también juegan un papel muy importante en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades (Suzuki y otros, 2001).

Algunos estudios demuestran el efecto positivo de la alimentación con fórmulas suplementadas con AG n-3 sobre el desarrollo mental y otros observaron que los niños prematuros alimentados con una fórmula que contenía AG n-3 presentaron un mejor índice de desarrollo relacionado con la capacidad del lenguaje. Este tipo de alimentación produjo un mejor índice de desarrollo mental en niños nacidos a término en comparación a los niños alimentados con una fórmula sin suplementar (Siscovick y otros, 1996).

Durante la vida fetal y hasta el primer año de vida, existe un aumento del proceso de acumulación de AG n-3 en el cerebro. Las necesidades de estos AG aumentan durante este periodo, puesto que son fases de crecimiento y desarrollo del tejido celular. La deficiencia de estos AGE puede provocar serias alteraciones del crecimiento, aprendizaje y desarrollo de las funciones motoras, puesto que dichos nutrientes son constituyentes de las membranas celulares del cerebro y forman parte de las estructuras del sistema nervioso (Auestad e Innis, 2000).

### **2.4.4. Sobre el sistema cardiovascular**

Los AG n-3 tienen efectos antitrombóticos y antiarrítmicos, aumentan el tiempo de sangrado, evitando la adherencia de plaquetas en

las arterias; previene la aterosclerosis, al reducir las concentraciones de colesterol en plasma, son útiles en pacientes hipertensos, ya que contribuyen a bajar la presión sanguínea y reducen la concentración de TG en plasma, así como disminuyen el colesterol total (Sprecher y otros, 1995).

Las ECV son la principal causa de mortalidad en Europa, Estados Unidos y gran parte de Asia; existiendo varios factores de riesgo asociados a las ECV, entre ellos están colesterol total, homocisteína y TG elevados, hipertensión, diabetes y los niveles reducidos de colesterol ligado a HDL, siendo muchos de estos factores de riesgo influenciados por la dieta. A pesar de la gran cantidad de alimentos enriquecidos con AG n-3 disponibles en el mercado, el conocimiento de los efectos originados por el consumo regular de estos alimentos supone aún un reto en la mayoría de los casos (Carrero, 2005).

#### **2.4.5. Sobre el sistema nervioso**

Los AG n-3 son esenciales para un adecuado desarrollo y funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso, se concentran en la retina y la corteza cerebral, y tienen la capacidad de corregir problemas visuales y cerebrales en pacientes con deficiencia demostrada. Dos terceras partes de los AG de las membranas de fotorreceptores de la retina son n-3, principalmente DHA. Muchos aspectos de ubicación, ansiedad, habilidad en el aprendizaje, memoria y función retinal se ven favorecidos con el consumo de los AG n-3 (Carrero, 2005).

Otra relación entre el DHA y la función cerebral ha sido hallada en el patrón de organización del sueño en los niños, por lo tanto un bajo consumo de DHA resulta en menos ondas lentas de sueño, que sirven como un indicador de la maduración y desarrollo del SNC y del cerebro (Connor, 2000).

Los AG n-3 están relacionados con problemas de depresión y violencia, demostrándose que el DHA dietario tiene efectos protectores contra un aumento en la hostilidad en estudiantes bajo condiciones de estrés (Cunnane, 1999). Bajas concentraciones de DHA son un indicador útil para predecir problemas de conducta en niños a quienes se les ha diagnosticado el síndrome de déficit de atención con hiperactividad (TDAH). Estos problemas pueden ser un reflejo en parte de los problemas en la neurotransmisión serotoninérgica (Cunnane, 1999).

#### **2.4.6. Niveles recomendados de ácidos grasos omega - 3**

La fundación de Nutrición Británica (BNF), 1992, recomienda, diariamente, 1000 – 2000 mg de EPA y DHA. Por su parte, la conferencia NATO (North America Treaty Organization) aconseja un consumo de 800 mg de EPA + DHA por persona día en promedio (Van Elswyk, 1996).

La American Heart Association (AHA) recomienda, a pacientes sin antecedentes coronarios, consumir a la semana 2 porciones de pescado grasoso y hasta 4 porciones a aquellos con antecedentes de enfermedades del corazón (Connor, 2000).

#### **2.5. El sachá inchi**

El Sachá Inchi, cuyo nombre científico es *Plukenetia volubilis Linneo* y su nombre vulgar: Sachá inchi, Sachá inchic, Sachá maní, Maní del monte, Maní del inca, Inca peanut, es una planta nativa del trópico peruano, natural de los bosques tropicales húmedos, existe en estado silvestre en la selva alta y baja de la amazonia. Conocido por los nativos desde hace miles de años, fue utilizado por los pre-incas y los incas, como lo testimonian cerámicos de las culturas Mochica-Chimú (Guerrero, 1993).

La primera mención científica del Sacha Inchi fue hecha en 1980, a consecuencia de los análisis de contenido graso y proteico realizados por la Universidad de Cornell en USA.

El Aceite de sachá inchi posee muchas propiedades funcionales que le brindan una categoría de alimento nutracéutico. Entre las principales virtudes destaca la presencia de AGE entre ellos n-6 y n-3 (36.8 y 45.2%). En comparación a los aceites de otras semillas oleaginosas utilizadas para consumo humano, el sachá inchi es el más rico en ácidos grasos insaturados, llega hasta 82% (Guerrero, 1993).

Según Valles (1990) el aceite de sachá inchi por su proceso industrial de extracción en frío y sin químicos, es un aceite de alta calidad para la alimentación y la salud, con excepción del aceite de linaza, supera en calidad a otros aceites utilizados actualmente, como son los aceites de oliva, girasol, soya, maíz, palma, maní, etc.

#### **2.5.1. Características físicas y químicas del aceite crudo de sachá inchi**

El aceite obtenido presentó un color amarillo pálido y un aroma poco fuerte a sachá inchi. En el Cuadro 1, se muestran los resultados de los análisis realizados al aceite crudo de sachá inchi. El aceite crudo obtenido es de color amarillo claro con medidas espectrofotométricas de 2.86783 u. equivalentes a unidades de color rojo lovibond, medido a temperatura ambiente.

Cuadro 1. Análisis físico-químico del aceite de sachá inchi.

<b>Constantes</b>	<b>Aceite crudo</b>
Peso específico (g/cc) a 15°C	0.929
Color (U. Rojo Iovibond)	2.867
Índice de refracción a 25°C	1.480
Viscosidad a 37°C (centistokes)	44.779
Índice de yodo (g de I/100g grasa)	189.000
Índice de peróxido (meq.Oxígeno activo/1000g grasa)	4.139
M. insaponificable (g insaponificables/100g grasa)	0.242
Índice de saponificación (mg KOH/g grasa)	229.583
Índice de acidez (mg KOH/g grasa)	1.277
Ceniza (%)	0.241

Fuente: Pascual y Mejía (2000).

El índice de yodo 189 (g de yodo/100g de grasa) encontrado en el aceite de sachá inchi crudo como refinado se acerca al valor del índice de aceites marinos, como el de la sardina 189-193 (g de I/g grasa) reportado por Mehlembacher (1991).

Este índice se explica por la alta insaturación del aceite de sachá inchi, pues como se observa en el Cuadro 2, tiene una alta cantidad de ácidos grasos polinsaturados. Debido a su alto índice de yodo, este aceite tiene propiedades secantes.

El índice de saponificación del aceite de sachá inchi es de 229.583 mg KOH/g grasa, y está relacionado con el peso molecular medio de la grasa.

Bailey (1995) dice que los índices de refracción tanto de grasas como de ácidos grasos, aumentan conforme aumenta la longitud de

las cadenas de hidrocarburos y el número de enlaces dobles de las cadenas, lo que podría indicar que el aceite de sachá inchi es altamente insaturado y que existe gran cantidad de cadenas de ácidos grasos largos, esto se corrobora con los resultados encontrados en la composición de ácidos grasos, Cuadro 2, donde se muestra que el aceite tiene una alta cantidad de ácido linolénico en su composición.

El peso específico está relacionado con el índice de yodo y el índice de saponificación, lo que nos demuestra que este parámetro debe ser relativamente alto.

El índice de acidez obtenido para el aceite de sachá inchi, fue de 1.277 mg de KOH/g de aceite. El índice de peróxido es de gran importancia y de interés práctico para el reconocimiento del comienzo y progreso de la descomposición autooxidativa y con ello, las posibilidades de tratamiento y predecir la capacidad de conservación o estabilidad de las grasas (Mehlembacher, 1979).

En el Codex alimentarios de 1992, se acepta un índice de peróxido máximo de 10 miliequivalentes de oxígeno activo por kg de aceite, en este aceite se puede observar que el nivel de rancidez, es bajo, a pesar de la alta insaturación. La materia insaponificable del aceite de sachá inchi fue de 0.2-0.3% valor más bajo que el de otros aceites (ver Cuadro 1).

Según Mehlembacher (1979), este parámetro incluye los más altos alcoholes alifáticos, esteroides, pigmentos e hidrocarburos.

Normalmente, todas las grasas contienen materia insaponificable, que se encuentra en las grasas y aceites comunes, tanto animales como vegetales, en cantidades del 1 al 2%, o menos (Mehlembacher, 1979).

### 2.5.2. Composición en ácidos grasos del aceite de sachá inchi

Según el Cuadro 2, el total de ácidos grasos saturados asciende a solo el 9.08% destacándose el ácido palmítico con un 5.6%. El total de ácidos grasos insaturados es de 90.34%, destacándose el ácido linolénico con un 43.75% y en segundo lugar el ácido linoléico con un 36.99% valores que demuestran que el aceite que estudiamos es altamente insaturado y por lo tanto es factible en la industrialización de aceites comestibles. En general, por su alto grado de insaturación es posible concluir que el aceite de sachá inchi sería una buena fuente potencial de ácidos grasos.

Cuadro 2. Composición de ácidos grasos del aceite de sachá inchi

Ácido graso	Aceite de sachá inchi (%)
Mirístico (14:0)	1.24
Palmítico (16:0)	5.61
Esteárico (18:0)	2.23
Oleico (18:1)	9.60
Linoleico (18:2)	36.99
Linolénico(18:3)	43.75
<b>Resumen:</b>	
Saturados	9.08
Monoinsaturados	9.60
Total Polinsaturados	80.74

Fuente: Pascual y Mejía (2000).

Por la alta cantidad de ácido linolénico, el aceite de sachá inchi pertenece al grupo de los ácidos linolénicos. Las grasas de este grupo contienen cantidades sustanciales de ácido linolénico; entre ellas están los aceites de soja, germen de trigo, linaza, cáñamo y perilla (Bernardini, 1981).

## **2.6. Aplicaciones de omega n-3 en diversas especies domésticas**

Experimentalmente, Rojas (2002) obtuvo huevos de codorniz conteniendo AG n-3. El alimento para las codornices en postura contenía entre sus ingredientes 3% de aceite acidulado de pescado y 10% de harina de pescado especial. El autor, señaló que el contenido de AG n-3 fue de 0.865%, o sea 865 mg/100 g de dieta y que los huevos tenían 5.55% de AG n-3 (EPA 1.47% y DHA 4.08%), es decir, una concentración de n-3 de 69 mg por huevo de 10 g cada uno (EPA 18 mg y DHA 51 mg).

Baltazar (2000) en otra investigación con codornices logró niveles de 2.92% de AGPI n-3 (EPA y DHA)/huevo para el tratamiento experimental de 2.65% de aceite de pescado y 2.11% para el grupo testigo de 2.65% de aceite vegetal, siendo la diferencia de sólo 0.81%.

El contenido de colesterol del huevo de codorniz en el mismo orden fue de 40 y 53 mg/huevo, es decir el nivel de colesterol se redujo en un 25% por efecto de los omega n-3 del aceite de pescado.

En un estudio con gallinas alimentadas con una dieta de 2% de aceite crudo de pescado y 10% de harina de pescado se encontró, por huevo de 55 g, 229 mg de n-3 (EPA 41 mg y DHA 188 mg), siendo el valor de 209 mg de n-3/huevo (EPA 31 mg y DHA 178 mg) con la dieta con 2% de aceite acidulado de pescado y 10% de harina de pescado (Rojas y Barboza, 1995).

Pilares y Vásquez (1999) en un trabajo también con gallinas, encontraron que huevos provenientes de una dieta que contenía 5% de aceite de pescado, exhibían por unidad una concentración de 187 mg de colesterol. El nivel de colesterol fue de 220 mg/huevo, cuando las gallinas consumían la dieta control carente de aceite de pescado. Se logró así una

reducción del 15% en el contenido de colesterol del huevo por efecto de los n-3 del aceite de pescado. Respecto a la transmisión del sabor y aroma a pescado, los huevos producidos utilizando la dieta suplementada con 5% de aceite de pescado, al ser comparadas con el grupo control, mediante pruebas de degustación directa fue inadvertido.

## **2.7. Generalidades sobre avicultura**

### **2.7.1. Alimentación de las aves**

En las dietas de pollos y gallinas, existen 3 grupos principales de nutrimentos: a) proteínicos, provenientes de la pasta de soya, otras pastas de oleaginosas y/o harina de pescado y carne que son utilizadas como fuentes de aminoácidos esenciales y no esenciales para el crecimiento y respiración de los tejidos; b) carbohidratos que provienen del sorgo, maíz y trigo que se utiliza como fuente de energía para el ave y c) grasas, de origen vegetal o animal, o grasa en forma natural presente en los granos, o bien aceite residual de la pasta de soya o de otros ingredientes. Las grasas además de ser fuentes de energía son fuentes de ácidos grasos esenciales (Cuca y otros, 1990).

### **2.7.2. Valor nutritivo del huevo de gallina**

El huevo de gallina forma parte importante en la alimentación de la población peruana. Un huevo de aproximadamente de 60 g contiene 39.5 - 41.5 g de agua, 6.4 - 7.0 g de proteína, 6.1 - 6.9 g de grasa y 88 - 95 kcal. Del total de grasas, 22.3 - 2.5 g son saturadas, 3.5 - 4.0 g insaturadas y 0.24 - 0.27 g de colesterol (Sauveur, 1993).

Los minerales que contiene son: calcio (29 mg), fósforo (120 mg), hierro (1.1 mg), magnesio (6 mg), sodio (72 mg) y potasio (73 mg).

También contiene algunas vitaminas como la A (150-400 UI), D (20-80 UI), E (0.6-2 mg), tiamina (52 mg), riboflavina (200 mg), piridoxina (68 mg), biotina (10 mg), ácido fólico (15 mg) y cobalamina (0.5 mg) (Sauveur, 1993).

### **2.7.3. Ensayos que se han hecho para modificar la composición de lípidos en el huevo de gallina**

Varios investigadores se han abocado a la tarea de reducir el contenido de colesterol en el huevo, además de incrementar su contenido de AG n-3 y de esta manera hacer llegar a la población los beneficios de consumir dichos ácidos grasos.

Algunos han intentado disminuir el colesterol en el huevo a través de fármacos como el Lovastatin (Elkin y Rogler, 1989), Probucof (Waldroup y otros, 1986) y Triparonol (Weiss y otros, 1967), pero a pesar de que con el empleo de estos productos farmacéuticos las reducciones de colesterol han sido interesantes, tienen poca probabilidad de ser útiles en la producción comercial debido a su elevado costo y a la posibilidad de dejar residuos en el huevo.

Otros han empleado ingredientes naturales como harina de alfalfa (McNaughton, 1978) y harina de cebada (Beyer y Jensen, 1993), pero no detectaron efectos significativos sobre el contenido de colesterol en el hígado, en el tejido de la pechuga, en plasma ni en yema. El ácido orótico usado en gallinas disminuyó el colesterol en el huevo, pero también redujo significativamente el peso de las aves y en ratas causó hígado graso severo (Beyer y Jensen, 1991). Mengue y otros (1974), adicionaron celulosa pura a las dietas para gallinas, pero no se detectó disminución en el contenido del colesterol.

Otros estudios han tenido como objetivo reducir el colesterol y al mismo tiempo aumentar la concentración de AG n-3 en el huevo. García y Albalá (1998), observaron que los huevos obtenidos de gallinas alimentadas con harina de pescado y grasas marinas, contienen significativamente menos colesterol, más triglicéridos y menos fosfolípidos que aquellos provenientes de gallinas alimentadas solo con productos de origen vegetal; también notaron que se modificó el perfil de los ácidos grasos en el huevo, aumentando los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA's), sobre todo el eicosapentaenóico (EPA) y el docosahexaenóico (DHA).

Hargis y otros (1991) realizaron un experimento en el que durante 126 días las gallinas fueron alimentadas con 3% de aceite de Menhaden (especie de arenque) y encontraron que el contenido de AG n-3 en yema se incrementó significativamente, la incorporación máxima fue después de la tercera semana y conforme se incrementaron los AG n-3 disminuyeron los AG n-6. Obtuvieron huevos con un total de 235 mg de AG n-3, de los cuales 89% era EPA y DHA, sin embargo, se presentó infiltración grasa en hígado.

Oh y otros (1991) utilizaron 10% de aceite de pescado para producir huevos con alto contenido de AG n-3, sin embargo, encontraron que estos huevos eran desagradables en cuanto a sabor. Van Elswyk y otros (1992), también realizaron un experimento de 4 semanas, incorporando 3% de aceite de Menhaden a las raciones para gallinas y encontraron que los AG n-6 disminuyeron en un 70% y los AG n-3 aumentaron en un 75% y señalan que el sabor de los huevos fue aceptado por los consumidores.

Marshall y otros (1994), realizaron un experimento durante 4 semanas, en el que las gallinas fueron alimentadas con raciones que

incluían 1.5% de aceite de Menhaden, encontrando un aumento en los niveles de los AG n-3, EPA y DHA; mientras que el contenido de AA disminuyó. Por otro lado, Van Elswyk y otros (1994), incluyó 1.5% de aceite de Menhaden en una ración de gallinas ponedoras obteniendo una deposición de aproximadamente 180 mg del total de AG n-3 por yema, cantidad semejante a la encontrada en una ración de pescado, lo que quiere decir que un huevo conteniendo ésta concentración de AG n-3, podría sustituir una ración de pescado en cuanto a su contenido en ácidos grasos.

En otro estudio realizado por Herber y Van Elswyk (1996), se probaron durante 4 semanas dietas con 1.5% de aceite de Menhaden y 2.4% de una microalga (rica en DHA). Se obtuvo un total de AG n-3 de 9.4 y 9.5 mg/g de yema respectivamente, de los que 8.1 y 8.8 mg fueron de DHA, esto equivale a un contenido total de AG n-3 de 155 a 165 mg/huevo en el primer tratamiento y 160-170 mg en el segundo. Cuando se evaluaron sensorialmente ambos tratamientos, el huevo fue aceptado; sin embargo, al incorporar 3% de aceite de Menhaden en la dieta de gallinas ponedoras, los panelistas detectaron un ligero sabor desagradable en el huevo.

Arellano y otros (1999) al incluir 3, 6 y 9% de harina de cabezas de camarón y de anchoveta en raciones para ponedoras encontraron que el contenido de colesterol en el huevo no se modificó; pero los niveles de AG n-3 sí se elevaron considerablemente, sobre todo con la harina de anchoveta. Carrillo y otros (1998), emplearon algas marinas en niveles de 6 y 9% del alga café *Sargassum sinicola* en la ración de ponedoras y en este caso sí se logró una reducción en el contenido del colesterol en el huevo, pero no lograron incrementar la concentración de los AG n-3.

Otro ingrediente que se ha probado es la harina de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) en niveles de inclusión de 3 y 6% en la dieta de gallinas ponedoras, logrando incrementar la concentración de AG n-3 pero sin lograr reducir el contenido de colesterol en el huevo (Carrillo y otros 1999).

Baucells y otros (2000) incorporaron hasta 4% de aceite de pescado y encontraron que pequeñas porciones de aceite de pescado en la dieta, daban como resultado valores bajos de ácidos grasos saturados, altos valores de AG n-6 y bajas concentraciones de AG n-3.

González-Esquerri y Lesson (2000) utilizaron 2, 4 y 6% de aceite de Menhaden regular y deodorizado. Encontraron que el peso del huevo disminuyó linealmente conforme se aumentó el nivel de inclusión del aceite de pescado y el total de AG n-3 aumentó considerablemente. En cuanto al sabor del huevo, no encontraron diferencias entre el huevo de gallinas alimentadas con aceite deodorizado y el que no lo estaba, pero en ambos casos sí disminuyó la preferencia en cuanto a sabor con respecto al testigo.

#### **2.7.4. Metabolismo de los lípidos en gallinas ponedoras**

El metabolismo de los lípidos es un proceso en el que los ácidos grasos se convierten en energía para la producción de huevo y almacenamiento de grasa corporal. Los ácidos grasos LA y ALA son ácidos grasos esenciales para las aves.

Una vez consumidos, estos ácidos grasos son reesterificados por la acción de la enzima acetil-CoA-ligasa que se encuentra en el retículo endoplásmico de las células de la mucosa intestinal (Leeson y Summers, 2001).

Estos ésteres reesterificados, se mueven hacia el aparato de Golgi, donde el colesterol, las proteínas y los fosfolípidos son añadidos formando las lipoproteínas.

Las lipoproteínas sintetizadas en las células del intestino, se llaman portamicrones debido a que son transportadas a través de la vena porta hasta el hígado. Una vez sintetizados, los triglicéridos son incorporados a las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), estas lipoproteínas son muy importantes en gallinas ponedoras ya que son el vehículo de transporte de las grasas entre el hígado y los tejidos extrahepáticos como el ovario, donde son utilizadas para la formación de la yema de huevo.

El contenido nutricional se muestra en el Cuadro 3, aquí podemos observar los altos valores de proteínas (Leeson y Summers, 2001).

El consumo de otros ácidos grasos poliinsaturados omega n-3 reduce los requerimientos de ALA. Los ácidos grasos poliinsaturados LA, AA y DHA son almacenados en los fosfolípidos de las membranas y en los lípidos de la yema y sirven como precursores de eicosanoides, prostaglandinas, leucopenos y tromboxanos. En las aves, los eicosanoides regulan casi todo el sistema fisiológico incluyendo la ovoposición, el desarrollo embrionario, el crecimiento, la inmunidad, el desarrollo de huesos, la termorregulación y el comportamiento (Klasing, 1998).

Las necesidades están dadas por el rango de crecimiento y producción de huevo.

Las deficiencias de LA provocan una baja tasa de crecimiento y acumulación de grasa en el hígado; un síntoma de deficiencia crónica es

la susceptibilidad a las infecciones; en la reproducción afecta a la espermatogénesis en los machos y baja la producción de huevo en las hembras (Klasing, 1998).

## **2.8. Efecto de los ácidos grasos omega 3 de la dieta**

### **2.8.1. En la producción avícola**

Los ácidos grasos Omega 3 son esenciales para los animales y pueden aumentar el crecimiento y producción en los animales de criaderos (Opstvedt, 1985). Hay una evidencia alta que la inclusión de lípidos de pescado en la dieta mejora la salud.

Para las aves dichos lípidos pueden aumentar la resistencia a las enfermedades moderando la respuesta inmune a las enfermedades con dirección a mejoras en crecimiento y conversión alimenticia y aumentar la inmunidad específica (Pike, 1999); además de mejoras en fertilidad y efectos positivos en ganancia de peso y mortalidad en pollos parrilleros (Pike, 1999) y crecimiento en polluelos (Edwards y otros, 1985).

### **2.8.2. En la composición del huevo**

Algunos productos animales contienen inicialmente cantidades mínimas de ácidos grasos poliinsaturados Omega 3. A través de modificaciones en el contenido lipídico de la dieta, introduciendo ingredientes ricos en dichos ácidos grasos como harinas y aceites de pescado y/o aceites vegetales ricos en Omega n-3 es posible incrementar la cantidad de EPA y DHA del producto final (Barroeta y Xalabarder, 1994).

Los primeros estudios en lípidos de huevos usaron harina de pescado y varios aceites marinos en pruebas de la biosíntesis lipídica.

Posteriormente, los estudiosos examinaron el efecto de la composición lipídica de la dieta, la postura y la energía dietaria de los huevos (Maurice, 1994).

En 1940, los científicos determinaron que las gallinas sintetizaban los lípidos del huevo y también utilizaban los ácidos grasos ingeridos para la deposición directa en los huevos, además que el grado de saturación de los ácidos grasos de la yema podían ser modificados con la ingestión de ácidos grasos insaturados, para lo que se requería cerca de 2 semanas en brindar a los lípidos del huevo un equilibrio con los lípidos de la dieta (Maurice, 1994).

Se determinó que el aumento en la dieta de los niveles de ácidos grasos mono y poliinsaturados, tienen grandes efectos en los ácidos grasos insaturados de la yema; alimentar con aceites que contienen alto nivel de ácido oleico causa un incremento en el nivel de ácido oleico en la yema (Leskanich y Noble, 1997) y el incremento de los niveles de ácido linoleico y alfa linolénico derivado de varios aceites vegetales causa el incremento en su concentración en los lípidos de la yema.

En contraste, los niveles de ácidos grasos saturados en la yema no reflejan los niveles de ácidos grasos saturados suministrados por la dieta (Leskanich y Noble, 1997).

En el Perú, Rojas y Barboza (1996) realizaron el primer trabajo sobre huevos de gallina enriquecidos con ácidos grasos n-3 de aceite y harina de pescado. Encontraron 3.38% de ácidos n-3, es decir 203 mg/huevo en condiciones de un alimento con aceite de pescado acidulado y harina de pescado. El valor fue de 3.83% de ácidos n-3, es decir 229 mg/huevo, con un alimento en base a aceite de pescado crudo y harina de pescado.

Los huevos control (sin aceite ni harina de pescado) tenían sólo 1.26% (75 mg/huevo) de ácidos omega 3. El contenido de DHA de los huevos y obtenidos bajo una alimentación con aceite de pescado acidulado fue de 85% (150.55 mg/huevo) del total de ácidos n-3 y de 82% (165.39 mg/huevo) para el caso de aceite de pescado crudo.

Vergara (1998) probó en gallinas niveles de 5.0, 7.5 y 10.0% de aceite de pescado acidulado, obteniendo valores de ácidos Omega 3 de 266, 300 y 315 mg/huevo de 60 g, respectivamente. El valor para el testigo (sin aceite ni harina de pescado) fue de 1.48% (89 mg/huevo) de ácidos n-3.

Como se ha visto, la deposición de EPA y DHA en productos animales como los huevos provee una fuente valiosa para la dieta humana. Tiende a restaurar el balance de ácidos grasos n-6: n-3 en este producto a niveles cercanos a aquellos de los animales criados extensivamente.

Los intentos para mejorar el consumo de huevos per cápita se han enfocado en la modificación del colesterol de la yema de huevo como muestra el Cuadro 3. (Herber y Van Elswyk, 1996). Aunque la mayor parte del colesterol presente en la yema es sintetizada en el hígado del ave, transportada por la sangre en la forma de lipoproteínas, y depositada en folículos desarrollados, esta concentración del colesterol no está asociado tan cercanamente con la concentración de colesterol en el plasma (Hargis, 1988).

La mayor ruta de excreción de colesterol del ave está provista por el mismo huevo (Hargis, 1988). Las heces representan un segundo mayor camino para la eliminación del colesterol. Las aves alimentadas con una dieta alta en proteína exhiben un rango alto de transferencia de colesterol plasmático que está asociado con un incremento en la excreción fecal de esteroides neutrales y ácidos biliares (Yen y Leveille, 1973).

En una dieta comercial de postura baja en grasa, la excreción fecal total de esteroides es de sólo 10 mg/gallina/día (Hargis, 1988), mucho menor que aquella excretada en el huevo. Las dietas suplementadas con grasas insaturadas pueden resultar en marcados incrementos en la excreción fecal de esteroides a niveles aproximados a los de los huevos (Hargis, 1988).

Cuadro 3. Composición nutritiva de un huevo de 60 g y necesidades diarias de personas que, al consumir dos huevos por día, son cubiertas.

<b>Nutriente</b>	<b>Cantidad por huevo</b>	<b>% de necesidades diarias</b>
Proteína	7 g	20
Grasa	6 g	-
Calcio	30 mg	10
Fósforo	130 mg	20
Hierro	1 mg	20
Vitamina A	300 UI	25
Vitamina D	30 UI	20
Tiamina	0,06 mg	10
Riboflavina	0,18 mg	30
Niacina	0,06 mg	15

Fuente: Adaptado y modificado de Leeson y Summers, 1991.

El consumo de la dieta en aves influencia el contenido de colesterol de la yema de huevo. Así, muchos estudios han indicado que el colesterol en la dieta incrementa marcadamente (25% o más) la concentración de colesterol en el huevo. Este incremento en la excreción de colesterol en el huevo es un camino posible del ave para mantener la normocolesterolemia cuando está ingiriendo altos niveles de colesterol (Hargis, 1988).

Vergas y Naber (1984), afirman que cuando el almacenamiento de energía es substancial, cualquier exceso de energía ingerida reflejará como un incremento en la biosíntesis de colesterol (con exceso de colesterol transferido a la yema de huevo). El contenido de colesterol en el huevo está determinado por un balance de consumo de colesterol en la dieta, biosíntesis y excreción (en el huevo como en las heces).

## **2.9. Requerimientos de ácidos grasos de la gallina**

Las grasas son de especial importancia por su alto valor de combustión. Además, las aves requieren las grasas como fuente de ácidos grasos insaturados que se denominan ácidos grasos esenciales (Rojas, 1979). Así la esencialidad de ácido graso esencial linoleico en animales de sangre caliente ha sido ampliamente demostrada y sus funciones biológicas son bastante conocidas. El requerimiento cuantitativo de este ácido como nutriente esencial varía según la especie y el status biológico. En general, el requerimiento es aproximadamente 2% de la ingesta total de energía (Opstvedt, 1985).

La esencialidad del ácido alfa linolénico en animales de sangre caliente ha sido rebatida desde el primer descubrimiento de la necesidad de ácidos grasos. Se ha restablecido que los animales de sangre caliente pueden presentar un crecimiento y reproducción normales durante generaciones consumiendo dietas con niveles muy bajos de ácidos grasos n-3. Sin embargo, ha sido considerado como evidencia indirecta del requerimiento el hecho de que los ácidos n-3 están presentes en altas concentraciones en ciertos órganos y organelos (cerebro, corteza cerebral, retina, testículos y espermatozoides) que se forman en base a la gran gradiente de concentración de estos ácidos en el plasma sanguíneo. Más aún, están involucrados en la síntesis de eicosanoides. Es probable, por lo

tanto, que los ácidos grasos Omega 3 son esenciales nutritivamente para los animales de sangre caliente pero su requerimiento es bajo. El requerimiento de ácidos grasos n-3 en animales de sangre caliente evidentemente nunca excederá aquel presente normalmente en dietas corrientes. Es, por lo tanto, más provechoso discutir su función en el reemplazo de ácidos grasos n-6 y sus posibles efectos en la aceleración del crecimiento (Opstvedt, 1985).

### **2.9.1. Digestión, absorción y excreción de los lípidos**

Según Rojas (1979), las grasas compuestas de triglicéridos entran al duodeno donde se emulsifican por efecto de las sales biliares conjugadas. En las aves la bilis es de reacción ácida y el jugo pancreático débilmente alcalino por lo cual la neutralización de la mezcla del alimento con el ácido estomacal es casi inapreciable, debido a que se mantiene ácido durante todo su curso a través del tubo digestivo. Murga, 1977 señala que la digestión de las grasas es un fenómeno de hidrólisis en las que intervienen las enzimas lipolíticas que son secretadas por los jugos gástrico, pancreático e intestinal. Aunque en el estómago se digiere una cantidad mínima de grasa, la mayor parte de éstas es descompuesta por lipasa pancreática e intestinal después de llegar al intestino formando glóbulos de ácidos grasos de glicerina y glicéridos de un diámetro de 0,5  $\mu$  que son absorbidos a través de los canales quilíferos por intermedio de los cuales alcanzan el torrente sanguíneo.

La absorción de las grasas o ácidos grasos es influenciada por varios factores entre los que se encuentran la longitud del ácido graso, el número de dobles enlaces, relación de ácidos grasos saturados e insaturados en el glicerol del triglicérido (Scott, 1982). Así por ejemplo el ácido linoleico es más digestible que el ácido oleico y éste mayor que el esteárico (Pilares, 1997).

En aves los ácidos grasos de menos de 10 o 12 carbonos de longitud, y el glicerol libre, son transportados al entrar en las células de la mucosa, principalmente vía el sistema porta, al hígado. Los ácidos grasos de cadena larga y los monoglicéridos son reesterificados a triglicéridos dentro del retículo endoplasmático de las células de la mucosa. Estos triglicéridos nuevos coalescen en gotas que reciben una capa de fosfolípidos, proteína, más colesterol libre y esterificado para formar un quilomicron (Scott, 1982).

Maynard (1992), reporta que el extracto etéreo de las materias fecales se compone de grasas que han escapado de la acción del jugo gástrico e intestinal, lípidos no absorbibles como los esteroides de las plantas y materiales no lípidos como los pigmentos vegetales. Además, señala que los productos catabólicos finales de las grasas son dióxido de carbono y el agua, que son excretados por los riñones, la piel y los pulmones.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de Ejecución**

La fase experimental del presente trabajo de investigación se realizó en la Granja comercial de gallinas de postura Nilda Silva E.I.R.L., ubicada en el distrito de Guadalupe que pertenece a la provincia de Pacasmayo, en la región de La Libertad. La temperatura oscila entre 24° y 31° C, presenta un clima cálido y una humedad de 87%.

#### **3.2. Animales Experimentales**

Se utilizaron un total de 140 gallinas ponedoras de la línea Hisex Brown de 26 a 30 semanas de edad (Primera postura).

Las aves se pesaron individualmente antes del inicio de la prueba. Además del peso, se llevó un registro de los huevos producidos, la mortalidad, consumo de alimento, entre otros.

#### **3.3. Instalaciones y Equipos**

Se utilizó un galpón con baterías de 2 pisos, en grupos de 7 aves por jaula. Cada jaula con malla electro soldada, comederos lineales tipo canaleta y bebederos automáticos tipo chupón, ubicados dentro de cada jaula.

#### **3.4. Tratamientos**

Los tratamientos del experimento se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento, según la inclusión del aceite de Sacha inchi.

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
SI0	Sin utilización del aceite de sacha inchi en la dieta.
SI15	Dieta con 1.5% de aceite de sacha inchi en la dieta.
SI30	Dieta con 3.0% de aceite de sacha inchi en la dieta.
SI45	Dieta con 4.5% de aceite de sacha inchi en la dieta.

### **3.5. Alimentación**

Desde la semana 26 a las 30 (04 semanas), las aves consumieron dietas isocalóricas e isoprotéicas, según el tratamiento respectivo (Cuadro 5 y 6).

En estos cuadros se puede observar la composición nutricional de las dietas (Alimento Tipo Postura I), las que contenían 2700 kcal y 17.2% de proteína, para atender los requerimientos nutricionales de las gallinas, según las recomendaciones de la Guía de Manejo de Hisex Brown (2009).

El alimento se suministró en forma controlada, en una cantidad de 115 g por ave, la mitad en la mañana aproximadamente alrededor de las 8:00 h y la otra mitad en la tarde alrededor de las 15:00 h. Se pesó el residuo de alimento diariamente, considerando que la única fuente de variación fueron los tratamientos. Se mantuvo un registro de la cantidad de alimento consumido.

El alimento se preparó dos veces por semana, en la planta de Alimentos Balanceados de la Granja Nilda Silva E.I.R.L de forma tal de tener siempre alimento fresco; este alimento se conservó en un lugar seco, fresco, ventilado y sin luz.

El agua se ofreció ad libitum, fresca y limpia suministrada en bebederos automáticos tipo chupón en cada jaula.

Cuadro 5. Composición porcentual de las dietas de gallinas en la etapa de postura, según la inclusión del aceite de Sacha inchi.

Ingredientes (%) <sup>1</sup>	Niveles de inclusión del aceite (%)			
	0.0	1.5	3.0	4.5
Maíz nacional	40.433	40.340	46.643	41.737
Torta de soya	19.598	19.616	20.000	20.000
Arroz partido	12.000	12.000	2.025	2.505
Polvillo de arroz	10.000	10.000	10.000	10.000
Carbonato de calcio	9.655	9.655	11.500	13.746
Harina de pescado	5.000	5.000	5.000	5.800
Aceite crudo de soya	1.646	0.229	-----	-----
Aceite de sachá inchi	-----	1.500	3.000	4.500
Fosfato dicálcico	0.757	0.758	0.798	0.791
Sal común	0.202	0.202	0.202	0.192
Absorbente de micotoxinas	0.200	0.200	0.200	0.200
DL Metionina	0.145	0.145	0.176	0.174
Bicarbonato de sodio	0.100	0.100	0.100	0.100
Cloruro de colina 60%	0.100	0.100	0.100	0.100
Premezcla de vitaminas y minerales postura	0.100	0.100	0.100	0.100
Promotor (Zinc bacitracina)	0.050	0.050	0.050	0.050
Enzimas (Phyzyme XP5000 Postura)	0.006	0.006	0.006	0.006

<sup>1</sup>Composición de los ingredientes tomados del programa DAPP Nutricion.

Cuadro 6. Valor nutricional de las dietas de gallinas en la etapa de postura, según la inclusión del aceite de Sacha inchi.

Nutrientes <sup>1</sup>	Niveles de inclusión del aceite (%)			
	0.0	1.5	3.0	4.5
EM aves, kcal/kg	2700.000	2700.00	2700.00	2700.00
Proteína bruta, %	17.200	17.200	17.200	17.200
Fibra bruta, %	2.825	2.824	2.913	2.818
Calcio, %	3.900	3.900	4.575	5.388
Fosforo disponible, %	0.390	0.390	0.390	0.390
Sodio, %	0.160	0.160	0.160	0.160
Cloro, %	0.226	0.226	0.226	0.225
Lisina digestible, %	0.819	0.819	0.822	0.836
Metionina digestible, %	0.420	0.420	0.450	0.450
Metionina + cistina digestible, %	0.649	0.649	0.679	0.675
Treonina digestible, %	0.553	0.553	0.558	0.551
Triptófano digestible, %	0.176	0.176	0.168	0.168
Ácido linoleico, %	1.831	1.924	2.451	2.912

<sup>1</sup>Requerimientos nutricionales basado en guía de manejo de Hisex Brown (2009)

### 3.6. Manejo y sanidad

La desinfección y limpieza de las baterías fue de forma continua. Se aplicó un programa sanitario (limpieza, desinfección, programa de vacunaciones), siendo idéntico para todos los tratamientos y correspondieron a las prácticas habituales de crianza.

Se empezó el estudio con las gallinas a la edad de 26 y criadas hasta las 30 semanas de edad, se las seleccionó de un lote de 10000 hembras y

se les ubicó en las jaulas, homogenizándolas por peso corporal. Luego se distribuyó los tratamientos en forma aleatoria.

La crianza se desarrolló de acuerdo a las prácticas normales de manejo zootécnico, empleadas en los sistemas de jaulas para la producción comercial de huevos de gallinas para consumo, en este caso guiados del manual de la raza Hisex Brown (2009).

Los huevos se recogieron diariamente en las primeras horas del día y por la tarde, estos fueron contados, clasificados y pesados. Se anotó el tratamiento y repetición al cual pertenecieron.

### **3.7. Variables dependientes evaluadas**

#### **a. Consumo de Alimento (C.A.)**

Diariamente durante cada semana se controló el consumo de cada repetición de 28 gallinas (V.E.= 7 x 4 tt.) según la siguiente fórmula:

$$\text{C.A.S. (g)} = \text{Alimento Ofrecido (g)} - \text{Alimento Sobrante (g)}$$

#### **b. Porcentaje de Postura**

La fórmula para calcular este valor es la siguiente:

$$\% \text{ Postura} = \frac{\text{Número de huevos Colectados}}{\text{Número de aves en Observación}} \times 100$$

#### **c. Masa de Huevos por semana**

Para obtener la masa de huevos se multiplicó el peso promedio de huevos por el número de huevos producidos en una semana.

$$\text{Masa de Huevos (g)} = \frac{\% \text{ de Postura} \times \text{peso promedio}}{100}$$

#### d. Peso del huevo

Se obtuvo diariamente pesándose los huevos por tratamiento y repetición, para posteriormente obtenerse un peso promedio semanal. Las normas U.S.D.A. (Lagos, 1969) para la clasificación de los huevos son:

- Extra-grande      65 g.
- Estándar        58 – 64 g.
- Mediano         51 – 57 g.
- Pequeño        41 – 50 g.

#### e. Conversión Alimenticia

Este valor indicará la cantidad de alimento consumido para producir un kilogramo de huevos en una unidad de tiempo.

**Conversión Alimenticia (C.A.)**.- Es la cantidad de alimento consumido para producir un kilogramo de huevos en una semana.

$$\text{C.A.} = \frac{\text{Consumo de Alimento (kg)}}{\text{Masa de huevos producido (kg)}}$$

#### f. Análisis de ácidos grasos

Se realizó la evaluación del perfil de ácidos grasos n-3 y n-6 y de colesterol en los huevos de gallinas a los 14 y 28 días de iniciado el trabajo de investigación. El muestreo de huevos se realizó a razón de cinco huevos por tratamiento, tomados al azar para los análisis de ácidos grasos y cinco huevos por tratamiento para los análisis de colesterol.

### 3.8. Mérito económico

Para calcular el mérito económico de la producción de huevos de gallinas ponedoras se tomarán en cuenta los egresos que se obtendrán (Alimentación, medicinas) y los ingresos que se generarán (venta de huevos) durante las semanas que durará el estudio. El mérito económico se obtendrá de la diferencia de los ingresos que obtendrán y los egresos que se generarán.

Mérito Económico por Tratamiento: Ingresos – Egresos

### 3.9. Análisis estadístico

Las aves fueron distribuidas a través de una DCA con 4 tratamientos y 5 repeticiones, la unidad experimental estuvo compuesta por 7 aves alojadas en 1 jaula, siendo 35 aves por tratamiento.

Modelo Aditivo Lineal para el Diseño completamente al Azar:

$$y_{ij} = u + t_i + e_{ij}$$

Donde:

$y_{ij}$  = corresponde a un resultado de una unidad experimental.

$u$  = corresponde al promedio de la población.

$t_i$  = mide el efecto del nivel de sachá inchi en la dieta.

$e_{ij}$  = mide el efecto aleatorio del error, es decir el efecto de la  $j$ -ésima unidad experimental sujeta al  $i$ -ésimo tratamiento.

El análisis estadístico de las variables evaluadas, se realizó a través del análisis de variancia de regresión.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Comportamiento productivo

Los resultados promedio del comportamiento productivo, en la fase evaluada, se muestran en el Cuadro 7. Observándose que las variables presentan un comportamiento lineal y altamente significativo; a excepción del consumo de alimento que mostró una respuesta cuadrática.

Cuadro 7. Comportamiento productivo promedio de gallinas Hisex Brown alimentadas con diferentes niveles de aceite de Sacha inchi de 26 a 30 semanas de edad.

	Niveles de inclusión del aceite (%)				Sig <sup>1</sup>
	0.0	1.5	3.0	4.5	
Producción de huevos, %	95.51	95.82	96.43	97.65	** L
Peso promedio de huevo/ave, g	58.33	59.30	60.23	60.93	** L
Masa de huevo, g/ ave día	55.71	56.90	58.08	59.52	** L
Consumo de Alimento, g/ave día	113.32	112.61	112.27	112.23	* C
Conversión Alimenticia	2.03	1.98	1.93	1.89	** L
Peso vivo del ave (g)	1733.85	1769.40	1782.35	1792.05	** L

<sup>1</sup> Sig = nivel de significancia: \* = P < 0.05, \*\* = P < 0.01. L = comportamiento lineal, C = comportamiento cuadrático.

#### a. Porcentaje de postura

En la Figura 1, se observa que la producción de huevos durante las semanas 27 y 28 no tuvo diferencias significativas, mientras que en las semanas 29 y 30, aves que recibieron mayores niveles de aceite de Sacha

inchi en la dieta mostraron mayor producción, teniendo un comportamiento lineal ( $P < 0.01$ ). Este mismo comportamiento se observó en la producción promedio de la fase experimental (Figura 2), debiéndose esta respuesta en 92% al aceite de Sacha inchi, ( $r^2 = 0.92$ ).

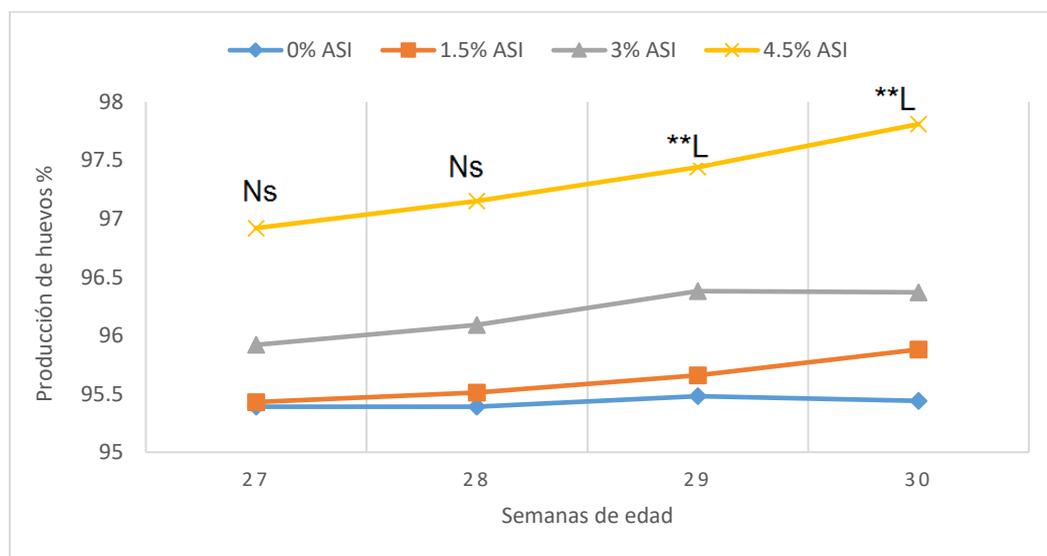


Figura 1. Comportamiento de la producción semanal promedio de huevos desde las 27 hasta las 30 semanas, según el tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (\*\*= $P < 0.01$ , Ns=no significativo).

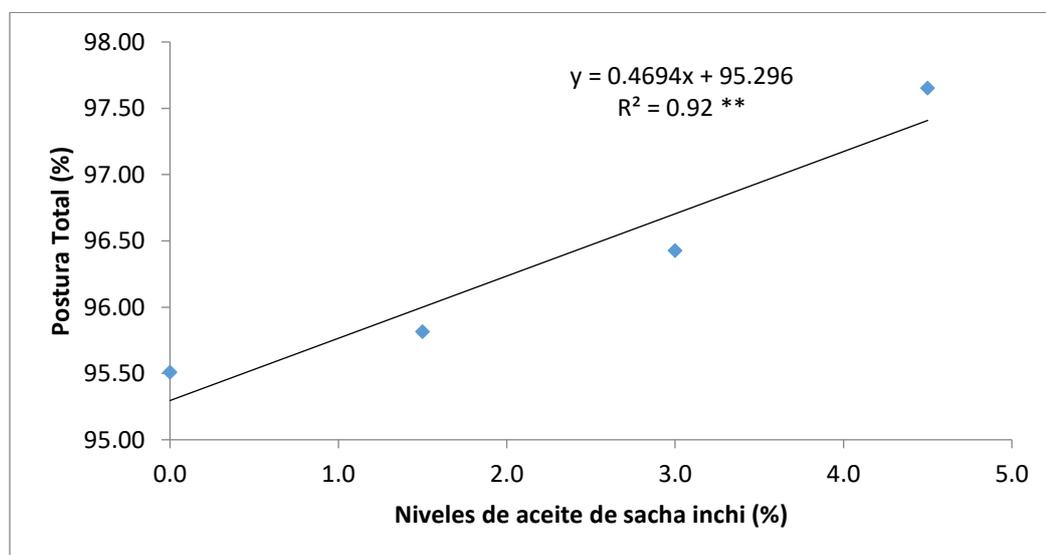


Figura 2. Comportamiento de la producción promedio de huevos, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (\*\*= $P < 0.01$ )

### b. Peso promedio y masa de huevos

Los resultados sobre el peso promedio de huevo (g) y masa promedio (g) se presentan también en el cuadro 7. En la evaluación semanal del peso de huevo (Figura 3) y masa de huevo (Figura 5) se observaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) en todas las semanas; de igual manera en los respectivos promedios de la fase experimental (Figura 4 y 6 respectivamente); todo esto aumenta en relación al consumo de aceite de sachá inchi, debiéndose esta respuesta en 99.1% y 99.7% respectivamente al aceite de Sacha inchi.

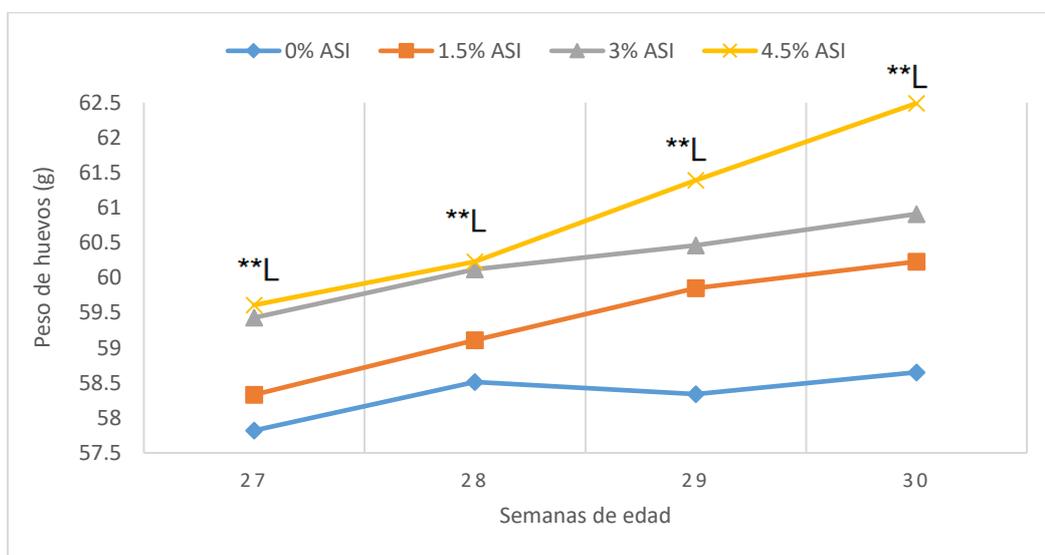


Figura 3. Comportamiento del peso promedio de huevos semanal desde las 27 hasta las 30 semanas, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sacha inchi, (\*\*=P< 0.01).

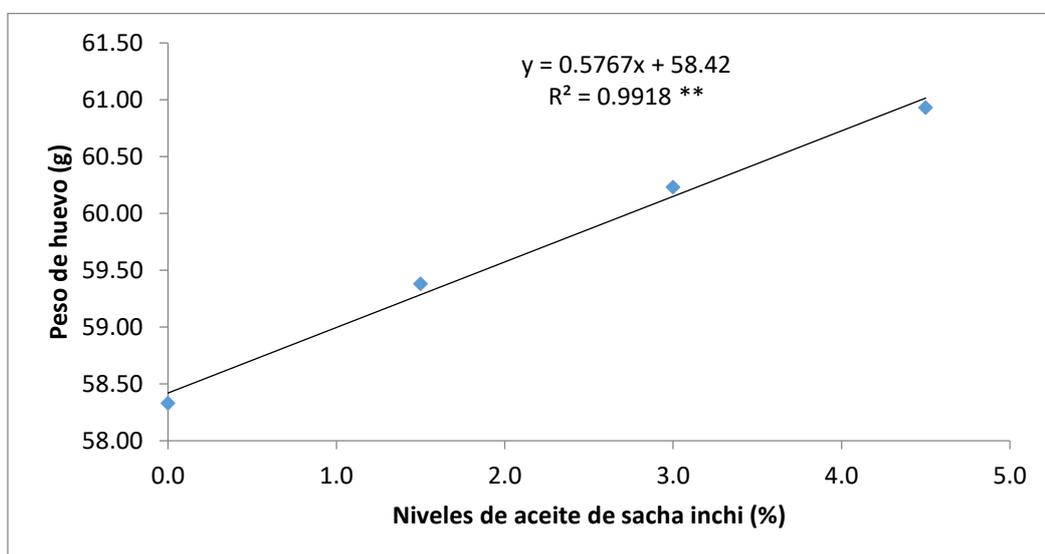


Figura 4. Comportamiento del peso del huevo promedio, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sacha inchi, (\*\*=P<0.01)

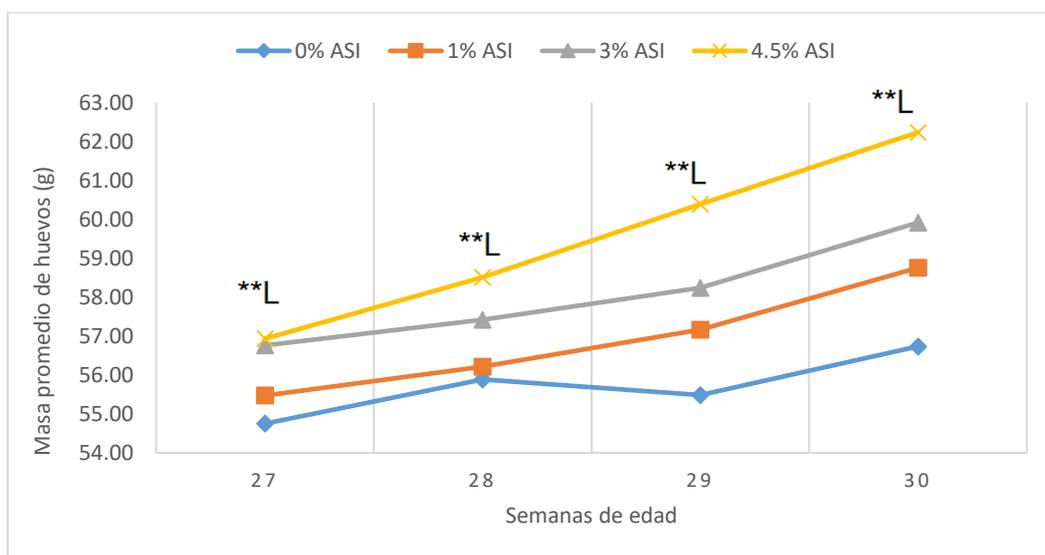


Figura 5. Comportamiento de la masa promedio semanal de huevos desde las 27 hasta las 30 semanas, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sacha inchi, (\*\*=P< 0.01).

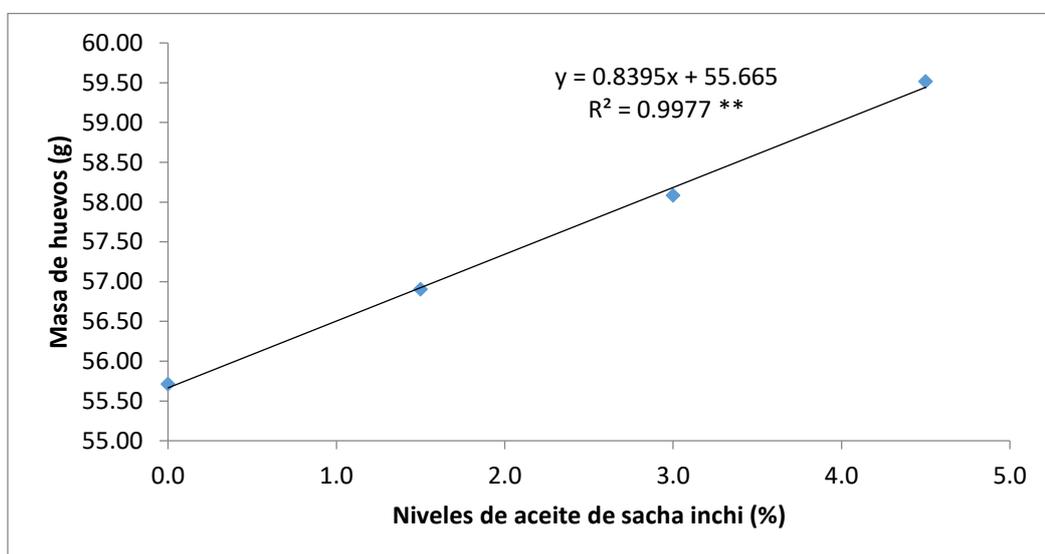


Figura 6. Comportamiento de la masa del huevo promedio, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sacha inchi, (\*\*=P<0.01).

### **c. Consumo y conversión alimenticia**

Los resultados del consumo de alimento promedio por ave y conversión alimenticia se muestran en el Cuadro 7.

Respecto al consumo (Figura 7), al realizar el análisis de varianza de regresión, se observó que en las semanas 27 y 29, se tuvo un comportamiento lineal con diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), en la semana 28 y en el promedio de todas las semanas (Figura 8), obtuvieron un comportamiento cuadrático, con diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), debiéndose esta respuesta en 99.9% al aceite de Sacha inchi, mientras que en la semana 30 no se encontró significancia alguna entre tratamientos ( $P > 0.05$ ).

En la Figura 9, se muestra la conversión alimenticia promedio de todas las semanas, en donde se observa que la conversión en todas las semanas, incluido el promedio (Figura 10), tuvieron un comportamiento lineal altamente significativo ( $P < 0.01$ ); en la conversión promedio se determinó que esta respuesta se debe en 99.9% a la incorporación del aceite de Sacha inchi en la dieta.

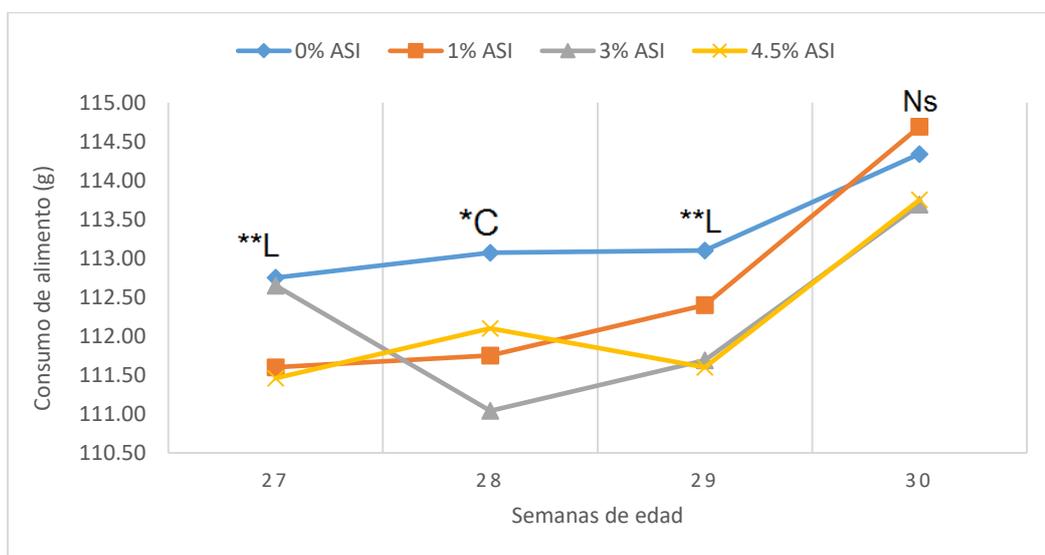


Figura 7. Comportamiento del consumo de alimento promedio semanal en gramos, desde las 27 hasta las 30 semanas, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sacha inchi, (\*\*=P<0.01, \*=P<0.05, Ns=no significativo).

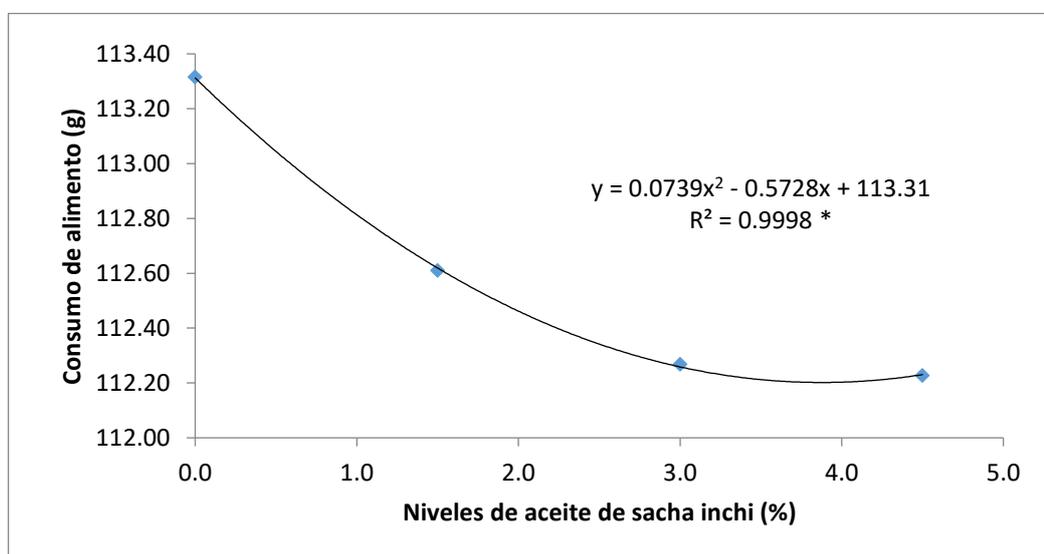


Figura 8. Comportamiento del consumo de alimento promedio, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sacha inchi, (\*=P<0.05).

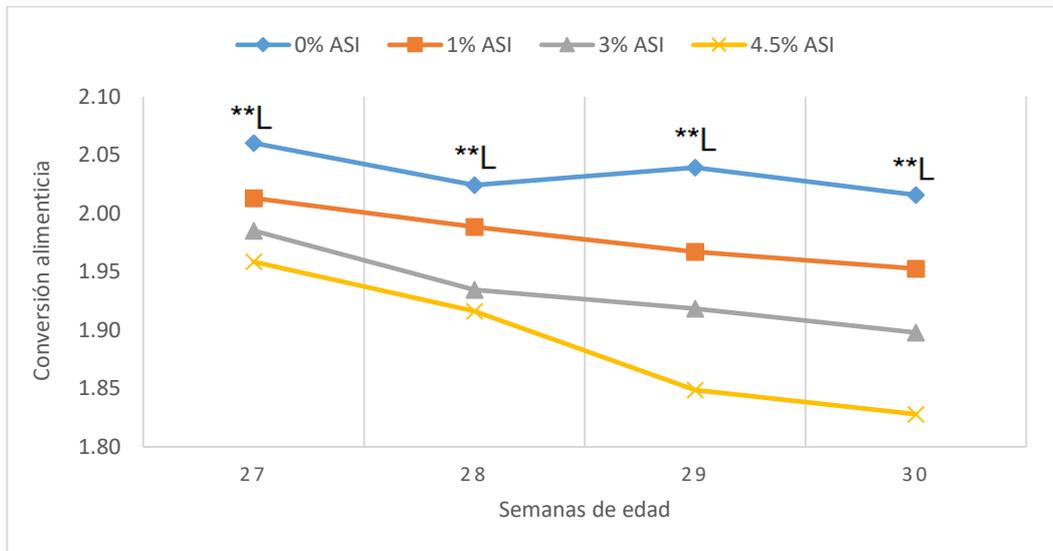


Figura 9. Comportamiento de la conversión alimenticia promedio semanal desde las 27 hasta las 30 semanas de postura, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (\*\*=P< 0.01).

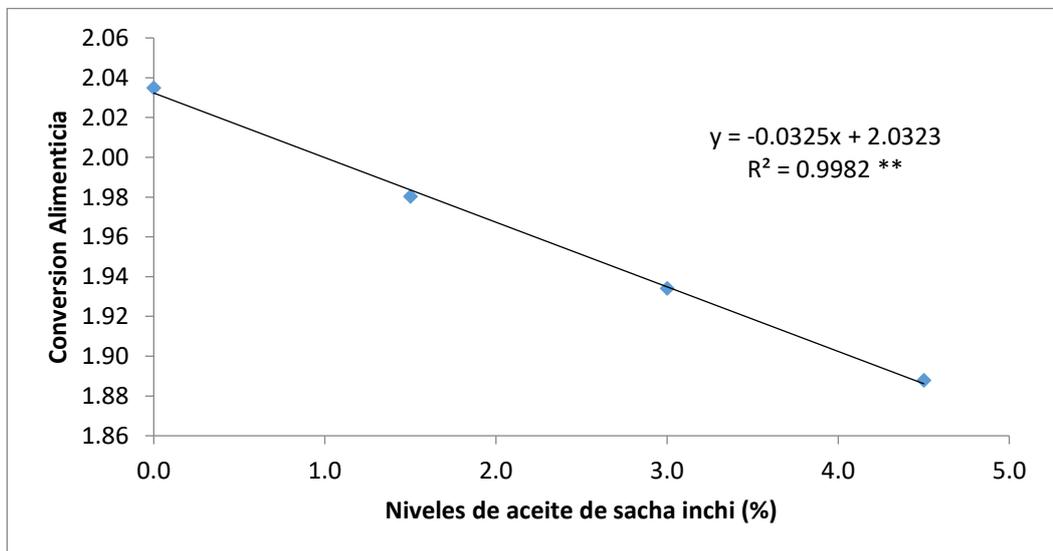


Figura 10. Comportamiento de la conversión alimenticia promedio, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (\*\*=P<0.01).

#### d. Peso corporal de las aves

Los resultados obtenidos en los pesos corporales promedio de las aves, fueron altamente significativos, según el análisis de varianza que se realizó.

Las semanas 27, 28 y 29 (Figura 11) tuvieron un comportamiento lineal al igual que el promedio (Figura 12) con diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), debiéndose esta respuesta para los datos del promedio en 90.4% al aceite de Sacha inchi, mientras que la semana 30 se observó un comportamiento cuadrático con diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

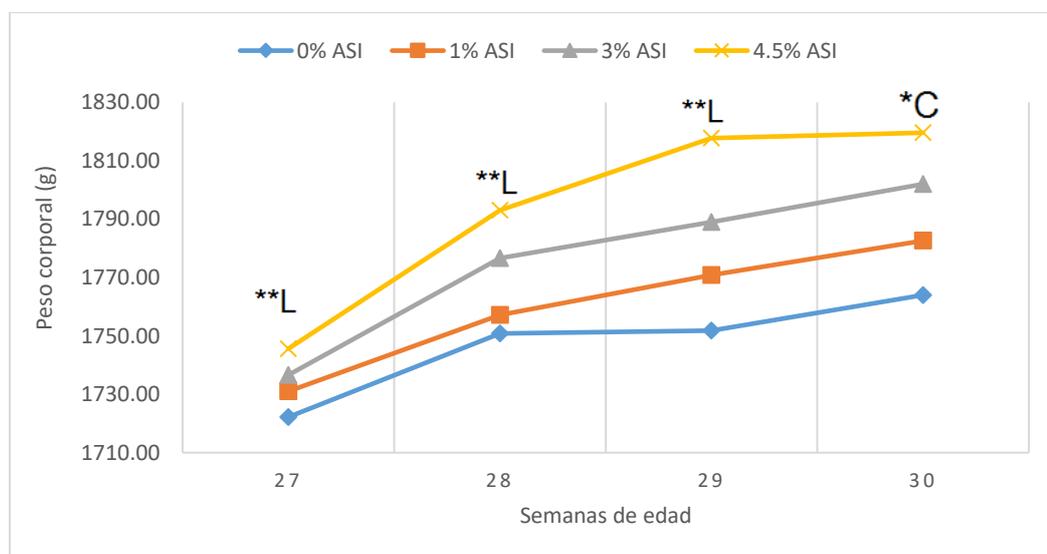


Figura 11. Comportamiento del peso corporal promedio de aves en g, desde las 27 hasta las 30 semanas, según tipo de tratamiento y en función de los niveles de aceite de sachá inchi, (\*\*= $P < 0.01$  y \*= $P < 0.05$ ).

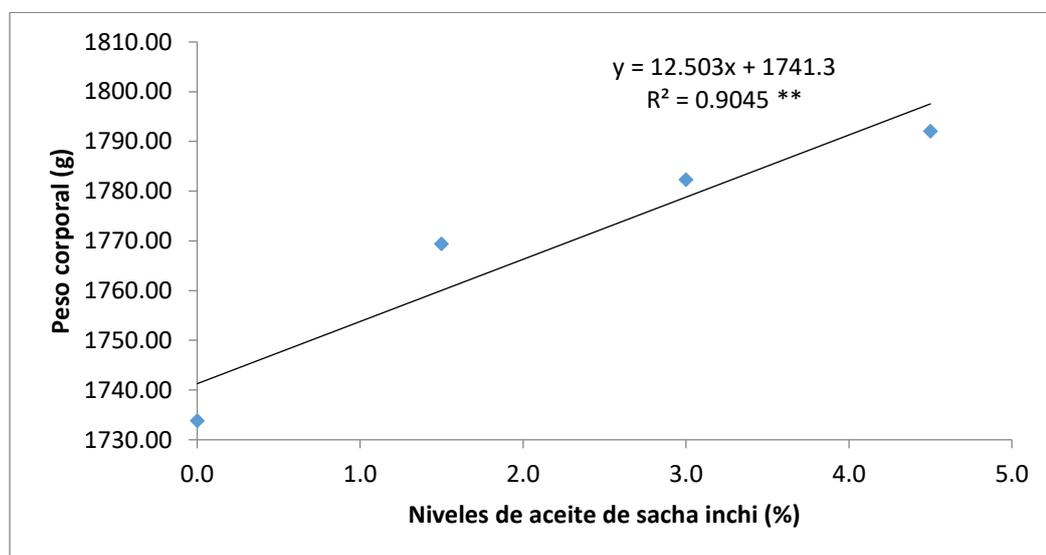


Figura 12. Comportamiento del peso de las aves promedio, según tipo de tratamiento analizado en función de los niveles de aceite de Sacha inchi, (\*\*=P<0.01).

#### 4.2. Análisis de Ácidos grasos en el huevo

En los huevos provenientes de aves que consumieron tanto dieta control como dietas con aceite de Sacha inchi, se observa que el ácido oleico es el más abundante; seguido del el ácido palmítico y el ácido linoleico (Cuadro 8).

El ácido oleico total (n-7 y n-9) en los huevos de aves que no recibieron aceite de Sacha inchi, tuvieron niveles por debajo de los huevos de aves que si recibieron, a diferencia del ácido palmítico, donde los valores para ambos tratamientos fueron idénticos; para el ácido linolénico, los valores fueron inferiores en el tratamiento de prueba.

Cuadro 8. Resultados de ácidos grasos en yema de huevos, por tratamiento, para las semanas 2 y 4 después de iniciado el experimento.

Componente	2 semanas				4 semanas		
	Inclusión de aceite (%)				Inclusión de aceite (%)		
	0.0	1.5	3.0	4.5	1.5	3.0	4.5
<b>Saturados totales (%)</b>	<b>9.80</b>	<b>9.90</b>	<b>10.20</b>	<b>10.40</b>	<b>9.90</b>	<b>9.80</b>	<b>10.30</b>
Linolénico 18:3 W3 (%)	0.20	0.30	0.10	0.30	0.40	0.30	0.20
<b>Omega 3 Total (%)</b>	<b>0.40</b>	<b>0.90</b>	<b>0.50</b>	<b>0.70</b>	<b>0.90</b>	<b>0.80</b>	<b>0.50</b>
Linoléico 18:2 W6 (%)	4.80	4.10	4.60	4.60	4.00	4.40	4.80
Araquidónico 20:4 W6 (%)	0.60	0.40	0.50	0.40	0.50	0.40	0.60
<b>Omega 6 Total (%)</b>	<b>5.90</b>	<b>4.80</b>	<b>5.30</b>	<b>5.30</b>	<b>4.80</b>	<b>5.10</b>	<b>5.70</b>
Oleico 18:1 W9 (%)	9.30	9.50	10.10	10.60	9.40	9.20	9.60
<b>Omega 9 Total (%)</b>	<b>9.40</b>	<b>9.60</b>	<b>10.20</b>	<b>10.70</b>	<b>9.50</b>	<b>9.30</b>	<b>9.70</b>
DHA (%)	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40
EPA + DHA (%)	0.20	0.30	0.30	0.30	0.40	0.30	0.40
<b>Relación W6:W3</b>	<b>14.75</b>	<b>5.33</b>	<b>10.60</b>	<b>7.57</b>	<b>5.33</b>	<b>6.38</b>	<b>11.40</b>
<b>Relación PUFA/SFA</b>	<b>0.64</b>	<b>0.58</b>	<b>0.57</b>	<b>0.59</b>	<b>0.58</b>	<b>0.60</b>	<b>0.61</b>
Saturados (%)	9.80	9.90	10.20	10.40	9.90	9.80	10.30
Monoinsaturados (%)	10.30	10.80	11.30	11.80	10.70	10.30	10.70
Poliinsaturados (%)	6.30	5.70	5.80	6.10	5.70	5.90	6.30
Total Ácidos Grasos identificados (%)	26.40	26.40	27.30	28.30	26.30	26.00	27.30

En el Cuadro 9, se muestran los resultados de grasa y colesterol en las semanas 2 y 4 después de iniciado el tratamiento.

Los valores de grasa en los tratamientos, aumenta relativamente; mientras que el colesterol disminuye a través de las semanas.

En la semana 4 se puede apreciar una disminución de aproximadamente 100 mg a diferencia de los huevos de la dieta sin aceite de Sacha inchi.

Cuadro 9. Resultados grasa y colesterol en yema de huevos, por tratamiento y por semana.

Componente	2 semanas				4 semanas		
	Inclusión de aceite (%)				Inclusión de aceite (%)		
	0.0	1.5	3.0	4.5	1.5	3.0	4.5
Grasa (g/100g)	25.30	25.00	27.00	29.30	25.5	26.3	26.5
Colesterol (mg/100g)	851.95	834.26	795.28	776.06	808.59	772.85	753.9

#### 4.3. Mérito económico

El análisis y resultado de la retribución económica por cada tratamiento se muestra en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Costos de producción, ingresos y beneficios netos que se obtuvieron en cada tratamiento durante el periodo de evaluación.

Variables	Tratamientos			
	0.0	1.5	3.0	4.5
Alimento consumido por tratamiento (kg)	111.050	110.360	110.020	109.980
Costo del alimento (S./kg)	1.329	2.259	3.200	4.172
Costo total del alimento (S.)	147.585	249.303	352.064	458.836
Otros gastos (S.)	5.000	5.000	5.000	5.000
Masa de huevos (kg)	54.597	55.757	56.917	58.310
Precio (S./kg)	4.400	6.500	6.500	6.500
Costo total (S.)	240.227	362.421	369.961	379.015
Beneficio neto (S.)	97.642	108.118	12.897	-84.821
Variación respecto al testigo (%)	100.000	110.728	13.208	-86.869

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Comportamiento productivo

Los parámetros productivos (Cuadro 7), vistos de manera general (porcentaje de postura, peso promedio, masa de huevos, consumo de alimento, conversión alimenticia y peso corporal del ave), encontrados como promedio durante las semanas que duró la evaluación, mostraron variación altamente significativa en la mayoría de los casos, siendo casi siempre los niveles usados más altos de aceite de sacha inchi, los mejores promedios, estos resultados concuerdan con Reid (1983) citado por Hooge (1993) quien en un trabajo con gallinas ponedoras utilizando manteca encontró diferencias estadísticas entre las dietas; de igual modo también concuerda con Mateos (1995) quien reportó que la adición de la grasa mejora la productividad del ave.

Al evaluar el efecto del periodo con respecto al peso promedio y masa de huevos (Figura 3 y 5 respectivamente), encontramos diferencias estadísticas altamente significativas, debido a que existe una relación directa entre la edad del ave y el peso del huevo, tal como lo concluye Sauveur (1992); quién afirma que el peso del huevo aumenta con la edad de la gallina, alcanzando un valor proporcional al peso corporal del ave, de igual modo concuerda con Mateos (2015) quien afirmó que por cada 100 g más de peso corporal ganado, el huevo pesará un gramo extra.

Citando a Gonzáles (2009), podemos ver que los datos productivos coinciden con los datos encontrados en el experimento, pues demostraron que los ácidos grasos poliinsaturados n-3 (PUFA) dietarios aumentan el peso del huevo, ya que modifican la síntesis de proteína en el oviducto, lo cual también coincide con lo hallado por Carrillo (2008), quien también

encontró que el peso del huevo aumenta con el incremento de omegas en las raciones de gallinas ponedoras.

Si clasificamos los pesos de huevos según las normas de U.S.D.A. (Lagos, 1969) los tratamientos: Control (sin aceite) en la semana 27 pertenecen al rango de huevos medianos sin embargo, para el resto de semanas y tratamientos los huevos serían clasificados como huevos estándar, por lo tanto los mayores pesos fueron obtenidos por aves que recibieron dietas con 3.00% y 4.50% de utilización de aceite de Sacha inchi.

Los resultados con respecto al consumo, al ser realizado el análisis de variancia, se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio (Figura 7). Se sabe que las dietas fueron isoprotéicas e isoenergéticas, lo que conlleva a aducir que la disminución del consumo de alimento podría deberse a la baja palatabilidad del alimento. Según Gentle (1985) aunque las aves tienen menos papilas gustativas que los mamíferos, sí tienen un sentido agudo del sabor y de los cambios en el mismo.

Estos resultados concuerdan con Miles (1994), quien afirma que las aves regulan su consumo por el aporte energético de la dieta. Una dieta nutricionalmente equilibrada es consumida hasta satisfacer una cierta cantidad de energía diaria. La inclusión de grasas en la ración tiene por ventajas ser vehículo para una mejor absorción de vitaminas liposolubles, reducir el polvo de la dieta y hacerla más homogénea y palatable, pero en exceso disminuye el consumo.

Según el análisis de variancia que se realizó, los resultados obtenidos en los pesos corporales de las aves (Figura 12), fueron altamente significativos. Generalmente, una mayor disponibilidad de calidad de grasa, influye en el peso corporal de las aves García (2000).

## 5.2. Ácidos grasos en huevo

De manera general, vemos que hay ácidos grasos que en el tiempo se incrementan, disminuyen o mantienen su concentración (Cuadro 8), lo cual reafirma la teoría de que parte de los ácidos provenientes de la dieta si se incorporan a los productos finales de las aves, en este caso el huevo, otros se metabolizan (Ramírez, 2011), lo cual está relacionado además con las necesidades fisiológicas del ave.

Se observa que hubo cambios en el perfil de ácidos en la yema del huevo, lo cual ha sido establecido en muchos reportes como los de Surai (2000), Baltazar (2000) y Ceylan (2011), los que documentan modificaciones del perfil de ácidos grasos de la yema de huevos, dependiendo del tratamiento dietético aplicado a las aves, las que pueden depositar directamente lípidos en la yema de huevo.

En ácidos grasos omega 3, se halló ácido docosapentaenoico (DPA), 100 mg/100 g yema, durante las semanas 2 y 4. Asimismo mejoró la relación n-6: n-3, pasando de 15:1 (semana 0) a 5:1 (semana 4), lo que equivale a una reducción del 33%.

Es importante considerar que los niveles de colesterol en las aves están fuertemente afectados por la heredabilidad, la edad de las aves (el colesterol se incrementa en aves cercanas a la madurez por el aumento de la demanda para la producción de huevos) y nutrientes proporcionados por la ración, existiendo dentro de este último factor, compuestos químicos hipocolesterolémicos, tales como algunos carbohidratos complejos, esteroides de plantas, vitamina A y algunas drogas.

La deposición de ácidos grasos n-3 fue mayor en los huevos del tratamiento experimental con 1.5% de aceite de Sacha inchi, siendo 0.9 para la semana 2 y 4.

Con respecto a los niveles de DHA y EPA, aumenta de 0.2 en el huevo control a 4.0 en el huevo con una inclusión de 1.5% y 4.5% de aceite de sachá inchi, para la semana cuatro.

Esto indica que la eficacia de retención de ácidos grasos n-3 en la grasa de la yema, depende de la fuente y del nivel de suplementación de la fuente utilizada (De Blas, 2005). Además, se observa que el EPA no se retuvo en la yema de los huevos, lo cual sugiere que también la deposición depende del tipo de ácido graso de que se trate, hecho que es avalado por Álvarez (2004), quien afirma que a diferencia del DHA, el EPA no es retenido con tanta eficiencia en los tejidos.

Adicionalmente, el EPA se elonga a DHA y probablemente se dé un catabolismo de EPA en el hígado, según lo sugerido por Nitsan (1999), después de alimentar gallinas con altas cantidades de EPA utilizando algas, donde se hallaron concentraciones relativamente bajas de EPA, pero niveles incrementados de DHA en la yema de huevo.

Según Cornejo (2006) existen algunos compuestos almacenados en el huevo muy poco sensibles a las modificaciones de la dieta que pueda ingerir la ponedora, tales como carbohidratos, proteínas, macro minerales e incluso algunos ácidos grasos. Por otra parte, hay una marcada influencia de la dieta sobre elementos traza, vitaminas liposolubles, hidrosolubles y ácidos grasos insaturados de 18 carbonos o más.

### **5.3. Mérito económico**

El análisis y resultado de la retribución económica por cada tratamiento es variable (Cuadro 10), influenciado por el alto costo del aceite de sachá inchi extra virgen que se usó en este estudio.

Pero se puede apreciar que, a pesar de que los parámetros productivos son mejores con 4.5% de aceite de sacha inchi incluido en la dieta, los mejores resultados con respecto a ácidos grasos se dieron con tan solo 1.5% de aceite de sacha inchi, que es lo que se buscaba en este trabajo.

## **VI. CONCLUSIONES**

La adición de niveles crecientes de aceite de Sacha inchi en la dieta de gallinas en etapa de postura (26 a 30 semanas) mejora linealmente los parámetros productivos, con excepción del consumo del alimento.

La adición de aceite de Sacha inchi genera cambios en la composición de ácidos grasos omega en la yema de los huevos, consiguiendo la mejor relación n-6: n-3 con el nivel de 1.5% de aceite de Sacha inchi en la dieta.

El mejor beneficio económico se obtiene con la adición de 1.5% de aceite de Sacha inchi en la dieta.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Promover el aprovechamiento sustentable del aceite de sachá inchi y la comercialización de este en las zonas costeras de nuestro país, para la obtención de huevos diferenciados con mayor contenido nutricional.

Desarrollar campañas masivas que eduquen a la población y promuevan el consumo de alimentos saludables, como los huevos, el pescado y otros, que prevengan enfermedades de tipo nutricional.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

Adler, A. y Holub, B. 1997. Effect of garlic and fish-oil supplementation on serum lipid and lipoprotein concentrations in hypercholesterolemic men. *American Journal of Clinical Nutritionists*, 65(2):445-450.

Anzaldúa, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia.

Baltazar, C. 2000. Efecto de dos niveles de ácidos grasos omega 3 de la dieta sobre la composición del huevo y el comportamiento productivo en codornices. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Carrero, J. 2005. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos n-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria*, 20: 63-69.

Castillo, R. 2004. Efecto del aceite de sardina sobre el contenido de colesterol y ácidos grasos n-3 y n-6 en huevo de gallina. Tesis de Maestra en ciencias. Departamento de biotecnología. Universidad de Colima. Colima, México.

Connor, W. 2000. Importancia de los ácidos grasos n-3 en la salud y la enfermedad. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71: 171 - 175.

Guerrero, C. 1993. Densidad de siembra de leguminosas de grano en asociación con "maní del inca" (*Plukenetia volubilis* L.) en etapa inicial de desarrollo en el Bajo Mayo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín. Departamento de Agroindustria. Tarapoto, Perú.

Guevara, J. 2009. Enriquecimiento de la carne de cuy con ácidos grasos omega- 3 mediante la suplementación de las dietas con aceite de pescado y semillas de sacha inchi. Tesis de Doctoris Philosophiae (Ph.D.). Escuela de Postgrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

McNamara, D. 1999. Corrigiendo los mitos sobre la nutrición: La importancia del huevo en una dieta saludable. Conferencia. Recuperado de <http://avicol.co/descargas2/corrigiendolosmitosenlasdietas.pdf>

Marshall, A.; Sams, A.; Van Elswyk, M. 1994. Oxidative stability and sensory quality of stored eggs from hens fed 1,5% menhaden oil. *Journal of Food Science*, 59(3): 561-563.

Pascual, G. y Mejía, M, 2000. Extracción y caracterización de aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Anales Científicos UNALM*, Lima, Perú. 42: 143 - 157.

Gómez, M.; De Mendonça-Junior, C. y Mancini-Filho, J. 2003. Estabilidad oxidativa de huevos enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados omega 3, frente a antioxidantes naturales, 39(4).

Siscovick, D.; Raghunathan, T.; King, I. 1995. Dietary intake and cell membrane levels of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. *The Journal of the American Medical Association*. 274(17):1363-1367.

Lucas, J.; Icochea, E.; Valdivia, R.; Carcelén, F. y Guzmán, J. 2011. Efecto del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de reproductoras de pollos de engorde sobre el desempeño productivo de su progenie. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú UNMSM*. Lima, Perú. 22(4):283-289.

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Producción de huevos (%) y número de huevos/ave por tratamiento en gallinas ponedoras.

Variables/Semanas	Niveles de inclusión de aceite			
	0.0	1.5	3.0	4.5
Porcentaje de postura				
27	94.69	95.10	95.51	95.51
28	95.51	95.10	95.51	97.14
29	95.10	95.51	96.33	98.37
30	96.73	97.55	98.37	99.59
<b>Promedio</b>	<b>95.51</b>	<b>95.82</b>	<b>96.43</b>	<b>97.65</b>
Número de huevos/ave				
27	232	233	234	234
28	234	233	234	238
29	233	234	236	241
30	237	239	241	244
<b>Promedio</b>	<b>936</b>	<b>939</b>	<b>945</b>	<b>957</b>

Anexo 2. Peso promedio de huevos (g) y masa de huevos promedio de gallinas ponedoras.

Variables/Semanas	Niveles de inclusión de aceite			
	0.0	1.5	3.0	4.5
Peso promedio huevo (g)				
27	57.82	58.33	59.43	59.61
28	58.51	59.11	60.12	60.23
29	58.34	59.85	60.46	61.39
30	58.65	60.23	60.91	62.49
<b>Promedio</b>	<b>58.33</b>	<b>59.38</b>	<b>60.23</b>	<b>60.93</b>
Masa promedio huevos/ave (g)				
27	54.75	55.47	56.76	56.93
28	55.88	56.21	57.42	58.51
29	55.48	57.16	58.24	60.39
30	56.73	58.75	59.92	62.23
<b>Promedio</b>	<b>55.71</b>	<b>56.90</b>	<b>58.08</b>	<b>59.52</b>

Anexo 3. Consumo promedio de alimento ave/día (g) y conversión alimenticia semanal (C.A.S.) en gallinas ponedoras.

Variables/Semanas	Niveles de inclusión de aceite			
	0.0	1.5	3.0	4.5
<b>Consumo alimento ave/día (g)</b>				
27	112.75	111.60	112.65	111.46
28	113.07	111.75	111.04	112.10
29	113.10	112.40	111.69	111.60
30	114.34	114.69	113.69	113.75
<b>Promedio</b>	<b>113.32</b>	<b>112.61</b>	<b>112.27</b>	<b>112.23</b>
<b>Conversión Alimenticia Semanal</b>				
27	2.06	2.01	1.99	1.96
28	2.02	1.99	1.93	1.92
29	2.04	1.97	1.92	1.85
30	2.02	1.95	1.90	1.83
<b>Promedio</b>	<b>2.03</b>	<b>1.98</b>	<b>1.93</b>	<b>1.89</b>

## Anexo 4. Peso corporal promedio (g) en gallinas ponedoras.

Variables/Semanas	Niveles de inclusión de aceite			
	0.0	1.5	3.0	4.5
Peso corporal promedio				
27	1722.20	1731.00	1736.60	1745.60
28	1750.80	1757.20	1776.60	1793.00
29	1751.80	1770.80	1789.00	1817.80
30	1764.00	1782.60	1802.00	1819.60
<b>Promedio</b>	<b>1747.20</b>	<b>1760.40</b>	<b>1776.05</b>	<b>1794.00</b>

Anexo 5. Resultados de ácidos grasos en yema de huevos, por tratamiento, para la semana 2.

Componente	Niveles de inclusión del aceite (%)			
	0.0	1.5	3.0	4.5
Mirístico 14:0 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1
Palmítico 16:0 (%)	7.4	7.5	7.6	7.6
Estearico 18:0 (%)	2.3	2.3	2.5	2.7
<b>Saturados total (%)</b>	<b>9.8</b>	<b>9.9</b>	<b>10.2</b>	<b>10.4</b>
Palmitoléico 16:1 (%)	0.5	0.8	0.7	0.6
Linolénico 18:3 W3 (%)	0.2	0.3	0.1	0.3
Docosapentaenoico 22:5 W3 (%)	0.1	0.2	0.1	0.1
Docosahexaenoico 22:6 W3 (%)	0.1	0.4	0.3	0.3
<b>Omega 3 Total (%)</b>	<b>0.4</b>	<b>0.9</b>	<b>0.5</b>	<b>0.7</b>
Linoléico 18:3 W4 (%)	N.D.	0	0	0.1
Hexadecatrienoico 16:3 W4 (%)	N.D.	N.D.	0	0
<b>Omega 4 Total (%)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.1</b>
Linolénico 18:2 W6 (%)	4.8	4.1	4.6	4.6
Eicosadienoico 20:2 W6 (%)	0.1	0.1	0	0.1
Eicosatrienoico 20:3 W6 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1
Araquidónico 20:4 W6 (%)	0.6	0.4	0.5	0.4
Docosatetraenoico 22:4 W6 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1
Docosapentaenoico 22:5 W6 (%)	0.2	0	0	0
<b>Omega 6 Total (%)</b>	<b>5.90</b>	<b>4.80</b>	<b>5.30</b>	<b>5.30</b>
Oleico 18:1 W7 (%)	0.4	0.4	0.4	0.5
<b>Omega 7 total (%)</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>
Oleico 18:1 W9 (%)	9.3	9.5	10.1	10.6
Eicosenoico 20:1 W9 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Omega 9 Total (%)</b>	<b>9.4</b>	<b>9.6</b>	<b>10.2</b>	<b>10.7</b>
DHA (%)	0.2	0.4	0.3	0.3
EPA + DHA (%)	0.2	0.4	0.3	0.3
<b>Relación W6:W3</b>	<b>14.8</b>	<b>5.3</b>	<b>10.6</b>	<b>7.6</b>
<b>Relación PUFA/SFA</b>	<b>0.64</b>	<b>0.58</b>	<b>0.57</b>	<b>0.59</b>
Saturados (%)	9.8	9.9	10.2	10.4
Monoinsaturados (%)	10.3	10.8	11.3	11.8
Poliinsaturados (%)	6.30	5.70	5.80	6.10
Total Ácidos Grasos identificados (%)	26.4	26.4	27.3	28.3

Anexo 6. Resultados de ácidos grasos en yema de huevos, por tratamiento y para la semana 4.

Componente	Niveles de inclusión del aceite (%)		
	1.5	3.0	4.5
Mirístico 14:0 (%)	0.1	0.1	0.1
Palmitico 16:0 (%)	7.5	7.4	7.8
Esteárico 18:0 (%)	2.3	2.3	2.4
<b>Saturados totales (%)</b>	<b>9.9</b>	<b>9.8</b>	<b>10.3</b>
Palmitoléico 16:1 (%)	0.8	0.6	0.5
Linoléico 18:2 W6 (%)	4	4.4	4.8
Linolénico 18:3 W3 (%)	0.4	0.3	0.2
Docosapentaenoico 22:5 W3 (%)	0.2	0.2	0.2
Docosahexaenoico 22:6 W3 (%)	0.3	0.3	0.1
<b>Omega 3 Total (%)</b>	<b>0.9</b>	<b>0.8</b>	<b>0.5</b>
Linolénico 18:3 W4 (%)	0	0	0.1
Hexadecatrienoico 16:3 W4 (%)	0	0.1	0.1
<b>Omega 4 Total (%)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.1</b>
Linoléico 18:2 W6 (%)	4	4.4	4.8
Eicosadienoico 20:2 W6 (%)	0.1	0.1	0.1
Eicosatrienoico 20:3 W6 (%)	0.1	0.1	0.1
Araquidónico 20:4 W6 (%)	0.5	0.4	0.6
Docosatetraenoico 22:4 W6 (%)	0.1	0.1	0.1
Docosapentaenoico 22:5 W6 (%)	0	0	0
<b>Omega 6 Total (%)</b>	<b>4.80</b>	<b>5.10</b>	<b>5.70</b>
Oleico 18:1 W7 (%)	0.4	0.4	0.5
<b>Omega 7 total (%)</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>
Oleico 18:1 W9 (%)	9.4	9.2	9.6
Eicosenoico 20:1 W9 (%)	0.1	0.1	0.1
<b>Omega 9 Total (%)</b>	<b>9.5</b>	<b>9.3</b>	<b>9.7</b>
DHA (%)	0.4	0.3	0.3
EPA + DHA (%)	0.4	0.3	0.3
<b>Relación W6:W3</b>	<b>5.3</b>	<b>6.4</b>	<b>11.4</b>
<b>Relación PUFA/SFA</b>	<b>0.58</b>	<b>0.60</b>	<b>0.61</b>
Saturados (%)	9.9	9.8	10.3
Monoinsaturados (%)	10.7	10.3	10.7
Poliinsaturados (%)	5.70	5.90	6.30
Total Ácidos Grasos identificados (%)	26.3	26	27.3