



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional**

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



CONSTANCIA DE REVISIÓN

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud a la Tesis cuyo título es:

**"Efecto de tres niveles de ácido linoleico en la dieta sobre índices productivos de gallinas ponedoras"**

presentado por:

**SHIRLEY JOHANA ÑAÑEZ QUIJAITE.**

**Estudiante** del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**. El resultado obtenido es 12% por el cual se otorga el calificativo de: **APROBADO**, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones: Ninguna

Ica, 20 de enero del 2025

  
.....  
**Dra. María Emilia Dávalos Almeyda**  
Directora de Unidad de Investigación  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

**Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**



**TESIS**

**“Efecto de tres niveles de ácido linoleico en la dieta sobre  
índices productivos de gallinas ponedoras”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Salud pública y conservación del medio ambiente**

**AUTOR:**

**Bach. Shirley Johana Ñañez Quijaite**

**ASESOR:**

**Elías Salvador Tasayco, Phd.**

**Chincha Alta - Perú**

**2025**

## **DEDICATORIA**

En primer lugar a mi Madre, por haber sido mi apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera profesional y toda mi vida.

En memoria de mis abuelos Rosa y Eugenio que me cuidan desde el cielo.

A mis tías Juana, Grima y María, por creer en mí y ser un modelo de superación.

A mi enamorado por haberme dado ánimos, y haberme apoyado en esta carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por darme paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mi madre por todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me has tenido. A mis tías por la confianza y palabras de superación que siempre me han brindado. A mí enamorado por sus ánimos, apoyo y ayuda en este camino.

A mi asesor el Ing. Elías Salvador Tasayco, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por brindarme las instalaciones para poder realizar el proyecto de tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de anexos	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I      Introducción	10
II     Estrategia metodológica	15
2.1    Nivel y tipo de investigación	15
2.2    Lugar y fecha de ejecución del experimento	15
2.3    Periodo de duración del experimento	15
2.4    Localización geográfica y meteorológica	15
2.5    Materiales y equipo	16
2.6    Alimentación y formulación de las dietas	16
2.7    Tratamientos	16
2.8    Variables de evaluación	17
2.9    Técnicas e instrumentos de la recolección de información	18
2.10   Programa sanitario y de manejo	18
2.11   Diseño experimental	19
2.12   Análisis estadístico	19
III    Resultados	21
IV     Discusión	26

V	Conclusiones	30
VI	Recomendaciones	31
VII	Referencias bibliográficas	32
VIII	Anexos	36

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>N°</b>		<b>Pág.</b>
<b>01</b>	Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre la producción de huevos y consumo de alimento de gallinas de postura	21
<b>02</b>	Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre el índice de conversión alimenticia y conversión calórica de gallinas de postura	22
<b>03</b>	Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre el peso y masa de huevo de gallinas de postura	22
<b>04</b>	Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre unidad Haugh e índice de yema de huevo de gallinas de postura	23
<b>05</b>	Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre peso relativo de yema (PR yema) y color de yema de huevo de gallinas de postura	23
<b>06</b>	Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre el grosor de cáscara y gravedad específica de huevo de gallinas de postura	24
<b>07</b>	Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre el índice de cáscara y resistencia a rotura de cáscara (RR cáscara) de huevo de gallinas de postura	24
<b>08</b>	Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre el peso relativo de cáscara (PR cáscara) y color de cáscara de huevo de gallinas de postura	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 01: Laboratorio de nutrición	59
Figura 02: Recolección de huevos para laboratorio	59
Figura 03: Recolección de huevos para obtener su peso	60
Figura 04: Peso de alimento diario	60
Figura 05: Rotulación de huevos para laboratorio	61
Figura 06: Verificación de tubería de agua	61
Figura 07: Preparación de alimento para la gallina	62
Figura 08: Datos obtenidos en el laboratorio	62

## RESUMEN

### “Efecto de tres niveles de ácido linoleico en la dieta sobre índices productivos de gallinas ponedoras”

**INTRODUCCIÓN:** las gallinas de postura requieren un abastecimiento de lípidos diariamente a través de la dieta para producir un huevo. Los lípidos están compuestos por ácidos grasos. El ácido graso linoleico (AGL) es un ácido graso esencial, que la gallina no puede sintetizar y se debe proporcionar a través de la dieta. Se requiere reevaluar si aumentando el nivel de AGL puede afectar la respuesta productiva y calidad de huevo de las gallinas de postura. **OBJETIVO:** determinar el efecto de diferentes niveles de AGL en la dieta sobre los índices productivos y calidad de huevo de gallinas de postura. **MÉTODOS:** Se utilizaron 60 gallinas de postura de la línea genética LOHMANN Brown de 75 semanas de edad. Se aplicaron 3 tratamientos: 1.48% AGL (T-1), 1.98% AGL (T-2) y 2.48% AGL (T-3). Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente siguiendo los lineamientos del diseño de bloques completo al azar. Cada tratamiento tuvo 5 repeticiones, dando un total de 15 unidades experimentales. Los indicadores productivos fueron la producción de huevos, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia, eficiencia energética, peso de huevo y masa de huevo. Las características de calidad de huevo: unidad Haugh, índice de yema, peso relativo de yema, color de yema, grosor de cáscara, gravedad específica, índice de cáscara, resistencia a rotura de cáscara, peso relativo de cáscara y color de cáscara. **RESULTADOS:** La producción de huevos y peso relativo de yema fue mayor ( $P < 0.05$ ) conforme aumento el nivel de AGL. La conversión, eficiencia energética, la masa de huevo fue más alta ( $P < 0.05$ ) con el nivel de 1.98% de AGL. El peso de huevo fue más alto con los niveles 1.48 y 1.98% de AGL. **CONCLUSIÓN:** La más alta tasa de producción de huevos se encontró con los niveles 1.98 y 2.48% de AGL en la dieta. Con un nivel moderado de AGL se mejora la conversión, eficiencia energética y masa de huevo. No hay necesidad de aumentar el nivel de AGL hasta 1.98 y 2.48% en la dieta para aumentar el peso de huevo ya que con el nivel de 1.48 % de AGL es suficiente para lograr un alto peso de huevo.

**Palabras claves:** ácido linoleico, dieta, índices productivos, gallinas de postura, huevo

## ABSTRACT

“Effect of three dietary linoleic acid levels on productive indices of laying hens”

**INTRODUCTION:** Laying hens requires a daily supply of lipids through the diet to produce an egg. Lipids are composed of fatty acids. Linoleic fatty acid (FFA) is an essential fatty acid that the hen cannot synthesize and must be provided through the diet. It is necessary to re-evaluate whether increasing the FFA level can affect the productive response and egg quality of laying hens. **OBJECTIVE:** to determine the effect of different dietary FFA levels on the productive indices and egg quality of laying hens. **METHODS:** 60 laying hens of the LOHMANN Brown genetic line of 75 weeks of age were used. Three treatments were applied: 1.48% FFA (T-1), 1.98% FFA (T-2) and 2.48% FFA (T-3). The treatments were randomly assigned following the guidelines of the randomized complete block design. Each treatment had 5 replications, giving a total of 1 experimental unit. The productive indicators were egg production, feed intake, feed conversion ratio, energy efficiency, egg weight and egg mass. The egg quality traits: Haugh unit, yolk index, relative yolk weight, yolk color, shell thickness, specific gravity, shell index, shell breaking strength, relative shell weight and shell color. **RESULTS:** Egg production and relative yolk weight were higher ( $P<0.05$ ) as the FFA level increased. Conversion, energy efficiency, egg mass were higher ( $P<0.05$ ) with the 1.98% FFA level. Egg weight was higher with the low FFA levels (1.48 and 1.98%). **CONCLUSION:** To improve egg production, it is required to increase the FFA level in the diet. Moderate levels of FFA improve conversion, energy efficiency and egg mass. There is no need to increase the FFA level to increase egg weight.

Keywords: linoleic acid, diet, productive indices, laying hens, egg

## I. INTRODUCCION

Durante los últimos años se ha intensificado la crisis en los costos de alimentación de las gallinas de postura para producción de huevos para consumo humano, consecuentemente los avicultores han tenido que reformular sus dietas y en muchos casos excluir los aceites de la dieta, ya que este ingrediente ha aumentado su costo o disminuir el nivel de inclusión en la dieta. Una fuente importante de energía es el aceite de soya que tiene más de 50% de ácido linoleico. En otros casos se ha considerado el uso de otras fuentes como el aceite de palma que son bajos en ácido linoleico (11%). Estos cambios afectan las eficiencias de producción y la calidad de huevo, ya que el ácido linoleico tiene funciones importantes en la nutrición avícola y en la calidad de huevo.

Si bien el ácido linoleico es de importancia para el tamaño de huevo, pero cuando las gallinas son adultas y están cerca del final de su ciclo de producción tienen un aumento natural de peso de huevo, y un aumento de ácido linoleico en su dieta puede contribuir aún más a un incremento del peso de huevo lo que puede ocasionar un problema en la calidad de cáscara.

De acuerdo con Bennett (1) y Abdallah et al. (2), un aumento muy grande en el tamaño del huevo en gallinas viejas podría no ser beneficioso porque la incidencia de problemas de calidad de la cáscara y la proporción de huevos rotos aumentan con el tamaño del huevo.

March y Macmillan (3) encontraron que cuando las dietas deficientes en ácidos grasos esenciales se complementan con ácido linoleico, el peso de la yema aumenta.

El estudio de Ribeiro et al. (4), que evaluaron el efecto del nivel de ácido linoleico de la dieta sobre el peso del huevo, la composición del huevo, la incubación, el peso del pollo, el porcentaje del saco de la yema en relación con el peso del pollito y la composición de ácidos grasos de la yema de reproductoras de pollos de engorde Ross 305, de 27 a 40 semanas de edad, encontraron que el peso del huevo y la composición de la yema de ácido linoleico fueron mayores para la dieta con 1.93% de ácido linoleico que para la dieta con 1.48% (59.5 g vs 59.0g y 19.5% vs 15.5%, respectivamente). No se observaron efectos de ácido linoleico en la yema, la albúmina, la cáscara de huevo, el porcentaje del saco de la yema y el peso de los pollitos

Durante el período pico de las gallinas ponedoras, la intensidad del metabolismo de los lípidos en el cuerpo aumenta y los aceites en el alimento ingresan más a los huevos a través de los ovarios en el organismo (5).

El ácido linoleico y el ácido linolénico son ácidos grasos esenciales que juegan un papel decisivo en el crecimiento y la reproducción de las gallinas ponedoras (6).

Liu et al. (7) indicaron que el ácido linoleico de la dieta aumentó los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) en la yema de huevo mediante la inhibición de la enzima delta-6-desaturasa; una enzima clave que convierte el ácido linoléico en ácidos grasos de la serie C20:5.

No hay información actualizada acerca del nivel o cantidad óptima de ácido linoleico en la dieta de gallinas de postura. Whitehead (8) recomendó 1,0% de ácido linoleico en la dieta. Según estudio de Scragg et al. (9) encontraron ventajas en el peso del huevo con niveles superiores al 2% de ácido linoleico.

El ácido linoleico está relacionado con indicadores de producción, especialmente con el peso de huevo. Un estudio de Groba et al. (10) encontraron que un nivel de 0.79% de ácido linoleico tendía a reducir el peso del huevo comparado a niveles más altos de 1.03 o 2.23% de ácido linoleico en gallinas ponedoras ISA Brown de 20 a 32 semanas de edad.

Grobas et al. (10) recomendaron que se requiere no menos de 1,03 % de ácido linoleico para un peso óptimo del huevo.

La suplementación dietética con ácido linoleico aumenta el peso del huevo (11).

El ácido linoleico se deposita directamente en la yema de huevo y, por lo tanto, aumenta el peso del huevo al aumentar el peso de la yema (12)

Menge (13) sugirió que las gallinas Leghorn alimentadas con una dieta purificada requerían aproximadamente un 2% de LA en la dieta (18:2), suministrado por aceite de maíz, para una producción óptima de huevos.

Whitehead (8) encontró que 1,0 % de LA es adecuado para maximizar el tamaño del huevo y la productividad de las gallinas ponedoras. El uso de niveles superiores al 2 % de LA resultó en ventajas en el peso del huevo (9)

El ácido linoleico está relacionado con algunas características de calidad de huevo, como por ejemplo la composición de lípidos de la yema. El peso, diámetro y altura de la yema pueden afectar la característica de índice de yema.

Evaluar la calidad de huevo es importante porque está relacionado a la aceptación del consumidor y también a la salud humana. Existe un creciente interés entre los nutricionistas avícolas por aumentar el contenido de ácido linoleico (LA) del huevo, que posee muchos beneficios para la salud humana. Este ácido graso debe ser aportado por la dieta ya que el organismo del ave no puede sintetizarlo (14).

Safaa et al. (15) realizaron dos ensayos para estudiar el efecto de reducir el contenido de metionina (MET, 0,36 frente a 0,31 %), ácido linoleico (LIN, 1,60 frente a 1,12 %) y grasa suplementaria (SFAT, 3,0 frente a 1,1 %) de las dietas isoenergéticas sobre el desempeño productivo y la calidad

del huevo de gallinas ponedoras marrones al final del ciclo de producción. Los 8 tratamientos se dispusieron factorialmente ( $2 \times 2 \times 2$ ), con 6 repeticiones de 20 gallinas por tratamiento (Hy-Line, de 59 a 70 semanas de edad en el ensayo 1, y Lohmann, de 56 a 75 semanas de edad en el ensayo 2). Excepto por el contenido de SFAT, el tratamiento dietético tuvo poco efecto sobre el rendimiento de las gallinas ponedoras y la calidad del huevo. El único efecto de una reducción en el contenido de MET en el rendimiento de las gallinas fue la disminución en el porcentaje de huevos grandes y extragrandes (79,8 vs. 85,9 %;  $P < 0,05$ ) de 60 a 67 semanas de edad en el ensayo 2. Una disminución en el nivel de SFAT redujo la producción de huevos (79,3 frente a 77,0 %;  $P < 0,05$ ), el peso del huevo (66,3 frente a 64,9 g;  $P < 0,001$ ), la masa del huevo (52,5 frente a 49,8 g/d;  $P < 0,001$ ), la conversión alimenticia (2,26 vs. 2,36 kg de alimento/kg de huevos;  $P < 0,001$ ), y porcentaje de huevos extragrandes (13,1 vs. 8,2 %;  $P < 0,05$ ) en el ensayo 1, pero no se detectaron diferencias significativas en el ensayo 2. La reducción del contenido de LIN de la dieta de 1,60 a 1,12 % no afectó a ningún rasgo en ninguno de los 2 ensayos. Concluimos que reducir el nivel de SFAT de 3.0 a 1.1% podría disminuir la productividad y el porcentaje de huevos extragrandes. Sin embargo, una reducción en el nivel de MET de 0,36 a 0,31 % y en LIN de 1,60 a 1,12 % no afectó ningún rasgo en las gallinas al final del ciclo de producción. La calidad de la cáscara del huevo no se vio afectada por ninguno de los tratamientos dietéticos.

Wang et al. (14) realizaron un estudio para evaluar la influencia de diferentes niveles de LA en la dieta sobre el rendimiento productivo, la calidad del huevo y el perfil lipídico de la yema de patos ponedores Longyan. En total, 900 patos Longyan hembras ponedoras de 24 semanas de edad fueron asignados a seis tratamientos dietéticos, cada uno con 6 réplicas de 25 patos. Los seis tratamientos dietéticos contenían seis niveles incrementales de LA (contenido analizado: 0,36, 0,66, 0,80, 1,07, 1,28 y 1,45%) y las dietas experimentales se ofrecieron durante las siguientes 20 semanas. Los resultados mostraron que los diferentes niveles suplementarios de LA en la dieta no tuvieron efectos sobre las características de producción de huevos, las concentraciones de colesterol y triglicéridos en plasma o el colesterol de lipoproteínas de baja o alta densidad ( $p > 0,05$ ). Hubo un aumento lineal en el color de la yema ( $p < 0,001$ ) y el colesterol de la yema ( $p < 0,005$ ) con el aumento de LA en la dieta. Con una mayor ingesta de LA, el contenido de la yema en C18:1, C20:1 y ácidos grasos monoinsaturados totales disminuyó linealmente (todos  $p < 0,005$ ), pero las concentraciones de C18:2, C18:3, C20:2, C20:3, C20:4, C20:6 y los ácidos grasos poliinsaturados totales aumentaron linealmente ( $p < 0,008$  a  $< 0,0001$ ). Los resultados del presente trabajo muestran que la suplementación dietética con LA de ponedoras de pato Longyan modificó positivamente el perfil de ácidos grasos de la yema, aumentó el colesterol de la yema y mejoró el color de la yema.

Paredes et al. (16) realizaron un experimento en la granja avícola de la Universidad Nacional de Cajamarca, durante veinticuatro semanas para determinar efectos de los niveles dietarios de

metionina y ácido linoleico sobre la producción y la calidad del huevo de codorniz (*Coturnix coturnix var. japonica*). Se inició la evaluación con 576 aves de 42 días de edad, alojadas en jaulas distribuidas según nueve combinaciones de tratamientos, con cuatro repeticiones de 16 aves por cada tratamiento, considerando tres niveles de metionina (0,40, 0,50 y 0,60% MET) y tres niveles de ácido linoleico (1,63, 2,05 y 2,47% LIN). El rendimiento productivo y la calidad del huevo se analizaron según diseño completamente randomizado en arreglo factorial de 3 x 3. Las medias se compararon mediante prueba de Tukey. Las aves alimentadas con dietas con 0,50 y 0,60% de MET tuvieron mayor ingesta de alimento y producción de huevos ( $p < 0,05$ ) que aquellas alimentadas con dietas con 0,40% de MET. Hubo interacción significativa ( $p < 0,05$ ) entre la MET y los niveles de Lin en el peso del huevo. Se observó una mejor conversión alimenticia y masa de huevo para las aves alimentadas con dietas con 0,60% de MET en comparación con aquellas alimentadas con dietas con 0,40% y 0,50% de MET. La producción y la calidad del huevo no mejoraron ( $p > 0,05$ ) con los niveles altos de LIN.

En la fase final del ciclo de postura, las gallinas producen huevos de mayor peso y que podrían ocasionar cascara más delgada. A través del presente estudio se evaluó si una reducción del nivel de ácido linoleico en la dieta podría controlar el peso de huevo y mantener calidad de cascara.

Desde el punto de vista económico una mayor incidencia de huevos rotos al final del ciclo de producción de las gallinas de postura conlleva a pérdidas económicas en la industria avícola, por lo que es de interés evaluar si la estrategia de reducir el nivel de ácido linoleico en la dieta de gallinas de postura al final de ciclo de producción limita el aumento de peso de huevo con la edad y con ello mantiene la calidad y fortaleza de cascara para una disminución de huevos rotos.

Evaluaciones sobre niveles de ácidos grasos en la dieta como es el ácido linoleico al final del ciclo de postura en relación con la calidad de huevo son escasos, más aún con las líneas genéticas de gallinas de postura modernas que tienen capacidad fisiológica para un ciclo largo de puesta (100 semanas) es de gran importancia por lo que los resultados del estudio serán publicadas y difundidas para que otros investigadores continúen en la línea de este trabajo.

En la actualidad no hay datos de recomendación del nivel de ácido linoleico en la dieta de gallinas de postura para la fase final del ciclo de postura. Este estudio va a generar información de utilidad ya que se evaluarán niveles mínimo, medio y máximo y se comparará la respuesta productiva y peso de huevo, lo que servirá para el manejo nutricional y de alimentación en esta fase un poco descuidada.

Según la literatura científica el ácido graso linoleico está relacionado al peso del huevo, incrementando el peso conforme aumenta el nivel en la dieta, por lo que se planteó la hipótesis que una reducción de este ácido graso en la dieta reduce el peso de huevo y como consecuencia hay una menor incidencia de problemas en la calidad de cáscara de huevo al final del ciclo de

producción sin afectar la respuesta productiva de las gallinas de postura comercial, por lo que necesario optimizar el nivel de ácido graso linoleico que mantiene un peso adecuado sin afectar calidad de cáscara y respuesta productiva. En esta línea se realizó el presente estudio con el objetivo de determinar el efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico en la dieta sobre los índices productivos y calidad de huevo de gallinas de postura.

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1 Tipo y nivel de investigación

#### Tipo y nivel de investigación

Investigación experimental

#### Nivel de investigación

Investigación Descriptiva

### 2.2 Lugar y fecha de ejecución del experimento

El presente experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación en Nutrición R & D y la unidad de investigación, enseñanza y extensión en gallinas de postura de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” - ICA – Ex - Fundo Hijaya Chincha – Ica – Perú.

### 2.3 Periodo de duración del experimento:

El experimento tuvo una duración de 9 semanas.

La investigación total tuvo un periodo de adaptación, procesamiento de datos, análisis estadístico y elaboración del informe final.

Inicio de la investigación : marzo del 2023

Término de la investigación : junio del 2023

### 2.4 Localización geográfica y meteorológica

La ciudad de Chincha está ubicada a 188 kilómetros al sur de Lima, sobre los 94 m s. n.m

Latitud : -13.4175

Longitud : -76.1325

Latitud : 13° 25' 3" Sur

Longitud : 76° 7' 57" Oeste

Una temperatura mínima promedio de 19.25°C y temperatura máxima promedio de 26.95°C. Humedad relativa mínimo promedio de 58.75 % y humedad relativa máxima promedio de 93.25 % (Distrito.pe 2024) (18); SENAMHI (19)

## **2.5 Materiales y equipo.**

### **a. Instalaciones**

Laboratorio de Investigación en Nutrición R & D y la unidad de investigación, enseñanza y extensión en gallinas de postura de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” - ICA – Ex - Fundo Hijaya Chincha – Ica – Perú.

### **b. Equipos:**

- Balanza analítica de precisión
- Potenciómetro
- Micrómetro (MITUTOYO – JAPON)
- Equipo analizador de huevo, digital egg tester (DET-6500-NABEL-JAPON)
- Balanza electrónica de campo

### **c. Materiales, insumos y herramientas**

- Vasos de precipitación
- Guantes descartables
- Agua destilada
- Pizeta
- Escala colorimétrica del score de color de cáscara de huevo (LIN-FMVZ-UNICA)

## **2.6 Alimentación y formulación de la dieta de las gallinas de postura**

Las gallinas de postura tuvieron una alimentación *Ad-libitum*.

Se utilizaron tres fórmulas alimenticias (Anexo)

Las especificaciones de los nutrientes estuvieron de acuerdo con las recomendaciones de la línea genética de gallinas de postura LOHMANN Brown.

Para la elaboración de la fórmula de la dieta balanceada se utilizó el Software de formulación Animal Feed Optimization Software AFOS (20) y el LP máxima rentabilidad (21).

## **2.7 Tratamientos**

T-1: Dieta con nivel de AL bajo (1.48%)

T-2: Dieta con nivel de AL medio (1.98%)

T-3: Dieta con nivel de AL alto (2.48%)

## 2.8 Variables evaluadas

### 2.8.1 Variable independiente.

Tres niveles de ácido linoleico en la dieta

### 2.8.2 Variables dependientes.

#### A. Índices productivos

- Producción de huevos (%)
- Consumo de alimento (g/gallina/día)
- Conversión alimenticia (g/g)
- Eficiencia energética (conversión calórica) (Mcal/Kg)
- Peso de huevo (g/huevo)
- Masa de huevo (g/día)

#### B. Características internas de calidad de huevo

##### - Unidad Haugh

Para la medición se utilizó el equipo analizador de huevo: Digital Egg Tester (DET 6500-NABEL-JAPON)

##### - Índice de Yema

Para la medición se utilizó el equipo analizador de huevo: Digital Egg Tester (DET 6500-NABEL-JAPON)

##### - Peso de yema

Para la medición se utilizó una balanza analítica de precisión

##### - Color de yema

Para la medición se utilizó el equipo analizador de huevo: Digital Egg Tester (DET 6500-NABEL-JAPON)

#### C. Características externas de calidad de cáscara de huevo.

- **Grosor de cáscara (mm):** Se midió con el equipo portátil micrómetro digital (MITUTOYO 547-360, Kawasaki, Japan) con precisión de  $\pm 0.01$  mm. Las medidas se realizaron en el extremo romo, el medio y el extremo puntiagudo del huevo. Luego se calculó el espesor de la carcasa como un promedio de tres lecturas.
- **Peso relativo de cáscara (g/100g):** El peso de la cáscara se divide por el peso del huevo para obtener la relación de peso de cáscara (g) por cada 100 g de peso de huevo.
- **Gravedad específica (g/cm<sup>3</sup>):** Se calculó de acuerdo con la ecuación siguiente (22):

$$GE = W / (0.968 W - 0.4759 SW)$$

Dónde:

**W** = peso de huevo (g)

**SW** = peso de cascara de huevo (g)

- **Índice de cáscara de huevo (g/100 cm<sup>2</sup>):** De acuerdo con la ecuación siguiente (23):

$$I = (C/S) \times 100$$

Dónde:

**I** = Índice de Cáscara del Huevo (g/100 cm<sup>2</sup>)

**C** = peso de cáscara (g)

**S** = Superficie de cáscara (cm<sup>2</sup>) = 4.68 x P<sup>2/3</sup> (24)

**P** = Peso de huevo (g)

- **Resistencia a la rotura de cáscara**

Para la medición se utilizó el equipo analizador de huevo: Digital Egg Tester (DET 6500-NABEL-JAPON)

- **Color de cáscara**

Se utilizó un abanico de color (1-10)

## 2.9 Técnicas e instrumentos de la recolección de información

- Observación:** desde el inicio del experimento todas las muestras de huevos seleccionadas estuvieron bajo observación para verificar que se cumpla con el plan establecido.
- Registros:** consistió en registrar todos los datos que corresponde a las variables dependientes en estudio.
- Hojas de cálculo de Excel:** se utilizaron las hojas de cálculo de Excel para efectos de estimar y calcular los indicadores de los datos primarios.
- Tablet:** este dispositivo fue utilizado para registrar, almacenar y realizar los cálculos de los datos tabulados.

## 2.10 Programa sanitario y de manejo.

Todas las aves en prueba recibieron un programa sanitario, alimentación, manejo y condiciones ambientales similares, siguiendo los protocolos que normalmente se emplean bajo las condiciones de granja.

### **Tamaño de muestra**

Se utilizaron 60 gallinas de postura de la línea genética: LOHMANN Brown. El cálculo de la muestra se realizó utilizando el software GRANMO (17):

Dónde:

$Z\alpha$  = valor de Z correspondiente al riesgo  $\alpha$  fijado = 0.05 (1.645);

$Z\beta$  = valor de Z correspondiente al riesgo  $\beta$  fijado = 0.20 (0.842);

S = desviación estándar (\*) =  $\pm 3$  (peso de huevo)

(\*) = El valor referencial de desviación estándar del peso de huevo (g) se obtuvo de un estudio piloto previo en el galpón experimental (2022).

d = valor mínimo de la diferencia en el peso de huevo que se desea detectar =4

Proporción prevista de pérdidas de seguimiento = 20%

Tipo de contraste bilateral

Aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, se precisan 15 sujetos en cada grupo para detectar una diferencia mínima de 4 entre dos grupos, asumiendo que existen 3 grupos y una desviación estándar de 3. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 20%.

Se aumentó a 20 gallinas de postura por grupo (tratamiento) lo que da un total de 60 gallinas de postura a utilizar.

### **2.11 Diseño experimental**

Los tratamientos fueron asignados siguiendo el protocolo de un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Cada uno de los tratamientos tuvo 5 repeticiones, dando un total de 15 unidades experimentales (4 gallinas por unidad experimental). Se utilizaron 60 gallinas de postura.

Edad de las gallinas de postura: 75 semanas de edad.

Modelo matemático:

Se utilizará el siguiente modelo aditivo lineal:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varphi_{ij}$$

$$i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, b$$

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo bloque

$\varphi_{ij}$  = error experimental en la unidad j del tratamiento i

$\varphi_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ .

## **2.12 Análisis estadístico.**

El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completo al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones por cada uno. La unidad experimental fue un grupo de 4 gallinas de postura. Todos los datos de las variables fueron analizados para la distribución normal, utilizando la opción NORMAL del procedimiento UNIVARIATE y también fueron analizados para la homogeneidad de varianza utilizando la opción HOVTEST del procedimiento del modelo general lineal (MGL) del software SAS v 9.4 (25). Para las variables paramétricas se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de DUNCAN para detectar diferencias entre tratamientos. Para las variables no paramétricas se realizó el análisis de KRUSKAL-WALLIS. Todas las diferencias se consideraron significativas a  $P < 0,05$  y las tendencias se consideraron en  $P \leq 0.05$  y  $0.05 < P \leq 0.10$  (26).

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Índices productivos

En la tabla 1 se presentan las características de producción de huevo y consumo de alimento. La producción de huevos fue afectada significativamente ( $P < 0.05$ ) por los niveles de AGL en la dieta, mientras que el consumo de alimento fue similar ( $P > 0.05$ ) en todos los grupos. La más alta producción de huevos fue para los tratamientos con 1.98 y 2.48% de AGL en la dieta comparado al grupo con 1.48% de AGL de más baja producción de huevos.

**Tabla 1: Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre la producción de huevos y consumo de alimento de gallinas de postura**

Tratamientos	Producción de huevos (%)	Consumo de alimento (g/ave/día)
T-1: 1.48% AGL	79.20 $\pm$ 6.86 <sup>b</sup>	120.74 $\pm$ 6.67
T-2: 1.98% AGL	91.58 $\pm$ 3.11 <sup>a</sup>	123.90 $\pm$ 3.31
T-3: 2.48% AGL	88.78 $\pm$ 3.08 <sup>a</sup>	119.48 $\pm$ 1.77
<b>P-value</b>		
ANVA		0.3660
Kruskal-Wallis	0.0189	

$P > 0.05$  = valores estadísticamente no significativos

<sup>a,b</sup> promedios con letras como superíndice no comunes son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ) al test de Bonferroni.

En la tabla 2 se presentan las características de índice de conversión alimenticia y conversión calórica los que fueron afectadas significativamente ( $P < 0.05$ ) por los niveles de ácido grasos linoleico en la dieta. La mejor conversión alimenticia y calórica fue para el tratamiento con 1.98% de AGL en la dieta comparado al grupo con bajo nivel de AGL con más pobre respuesta.

**Tabla 2: Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre el índice de conversión alimenticia y conversión calórica de gallinas de postura**

Tratamientos	Índice de conversión alimenticia (Kg/Kg)	Conversión calórica (kcal/Kg)
<b>T-1: 1.48% AGL</b>	2.223 $\pm$ 0.099 <sup>a</sup>	6120.16 $\pm$ 247.29 <sup>a</sup>
<b>T-2: 1.98% AGL</b>	1.969 $\pm$ 0.073 <sup>b</sup>	5448.78 $\pm$ 200.14 <sup>b</sup>
<b>T-3: 2.48% AGL</b>	2.064 $\pm$ 0.109 <sup>ab</sup>	5693.24 $\pm$ 261.13 <sup>ab</sup>
<b>P-value</b>		
ANVA	0.0279	0.0186

$P < 0.05$ = valores estadísticamente significativos

<sup>a,b</sup> promedios con letras como superíndice no comunes son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ) al test de Tukey

En la tabla 3 se presentan las características de peso y masa de huevo los que fueron afectadas significativamente ( $P < 0.05$ ) por los niveles de ácido grasos linoleico en la dieta. Los más altos valores de peso de huevo fueron para los tratamientos con 1.98% y 1.48% de AGL en la dieta. El grupo con 1.98% de AGL logro el mayor valor de masa de huevo y el grupo con 1.48% de AGL el más bajo valor de masa de huevo.

**Tabla 3: Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre el peso y masa de huevo de gallinas de postura**

Tratamientos	Peso de huevo (g/huevo)	Masa de huevo (g/gallina/día)
<b>T-1: 1.48% AGL</b>	69.34 $\pm$ 3.09 <sup>a</sup>	54.79 $\pm$ 3.28 <sup>b</sup>
<b>T-2: 1.98% AGL</b>	68.97 $\pm$ 2.02 <sup>a</sup>	63.13 $\pm$ 1.83 <sup>a</sup>
<b>T-3: 2.48% AGL</b>	66.22 $\pm$ 2.36 <sup>b</sup>	58.55 $\pm$ 2.47 <sup>ab</sup>
<b>P-value</b>		
ANVA	0.0167	0.0095

$P < 0.05$ = valores estadísticamente significativos

<sup>a,b</sup> promedios con letras como superíndice no comunes son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ) al test de Tukey

### 3.2 Características de calidad de huevo

En la tabla 4 se presentan las características de unidad Haugh e índice de yema de huevo. Ambas características no fueron afectadas significativamente ( $P>0.05$ ) por los niveles de AGL en la dieta.

**Tabla 4: Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre unidad Haugh e índice de yema de huevo de gallinas de postura**

Tratamientos	Unidad Haugh (u)	Índice de yema (r)
<b>T-1: 1.48% AGL</b>	80.34 ±9.99	0.428 ±0.035
<b>T-2: 1.98% AGL</b>	86.23 ±5.93	0.421 ±0.029
<b>T-3: 2.48% AGL</b>	84.93 ±1.56	0.419 ±0.018
<b>P-value</b>		
Kruskal-Wallis	0.5655	0.9704

$P>0.05$ = valores estadísticamente no significativos

En la tabla 5 se presentan las características de peso relativo de yema (PR yema) y color de yema. El PR de yema fue afectado significativamente ( $P<0.05$ ). Los niveles de 1.98 y 2.48% de AGL obtuvieron los mayores pesos relativos de yema. El color de yema no fue afectado significativamente ( $P>0.05$ ) por los niveles de AGL en la dieta.

**Tabla 5: Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre peso relativo de yema (PR yema) y color de yema de huevo de gallinas de postura**

Tratamientos	PR yema (g/100g)	Color de yema (score)
<b>T-1: 1.48% AGL</b>	21.99 ±2.29 <sup>b</sup>	13.93 ±0.49
<b>T-2: 1.98% AGL</b>	25.55 ±1.05 <sup>a</sup>	13.60 ±0.43
<b>T-3: 2.48% AGL</b>	25.69 ±0.95 <sup>a</sup>	13.60 ±0.36
<b>P-value</b>		
ANVA	0.0069	
Kruskal-Wallis		0.4711

$P>0.05$ = valores estadísticamente no significativos;  $P<0.05$ = efecto significativo

<sup>a,b</sup> promedios con letras como superíndice no comunes son diferentes significativamente ( $P<0.05$ ) al test de Bonferroni.

En la tabla 6 se presentan las características de grosor de cáscara y gravedad específica de huevo. Ambas características no fueron afectadas significativamente ( $P>0.05$ ) por los niveles de AGL en la dieta.

**Tabla 6: Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre el grosor de cáscara y gravedad específica de huevo de gallinas de postura**

Tratamientos	Grosor cáscara (mm)	Gravedad específica (g/cm <sup>3</sup> )
<b>T-1: 1.48% AGL</b>	0.391 ±0.014	1.0812 ±0.0043
<b>T-2: 1.98% AGL</b>	0.378 ±0.010	1.0819 ±0.0048
<b>T-3: 2.48% AGL</b>	0.386 ±0.011	1.0826 ±0.0025
<b>P-value</b>		
ANVA	0.2930	0.8838

$P>0.05$ = valores estadísticamente no significativos

En la tabla 7 se presentan las características de índice de cáscara y resistencia a rotura de cáscara (RR cáscara) de huevo. Ambas características no fueron afectadas significativamente ( $P>0.05$ ) por los niveles de AGL en la dieta.

**Tabla 7: Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre el índice de cáscara y resistencia a rotura de cáscara (RR cáscara) de huevo de gallinas de postura**

Tratamientos	Índice de cáscara (g/100 cm <sup>2</sup> )	RR cáscara (KgF)
<b>T-1: 1.48% AGL</b>	8.13 ±0.46	2.92 ±0.60
<b>T-2: 1.98% AGL</b>	8.10 ±0.78	3.40 ±0.57
<b>T-3: 2.48% AGL</b>	8.10 ±0.43	3.26 ±0.73
<b>P-value</b>		
ANVA	0.8270	0.4020

$P>0.05$ = valores estadísticamente no significativos

En la tabla 8 se presentan las características de peso relativo de cáscara y color de cáscara de huevo. El PR de cáscara no fue afectado significativamente ( $P>0.05$ ). El color de cáscara presentó significancia ( $P=0.0432$ ), sin embargo, a la prueba de comparación múltiple de Bonferroni ajustado indica no diferencia ( $P>0.065$ ).

**Tabla 8: Efecto de diferentes niveles de ácido graso linoleico (AGL) en la dieta sobre el peso relativo de cáscara (PR cáscara) y color de cáscara de huevo de gallinas de postura**

Tratamientos	PR cáscara (g/100 g)	Color cáscara (score)
<b>T-1: 1.48% AGL</b>	9.06 ±0.77	6.00 ±0.25
<b>T-2: 1.98% AGL</b>	9.16 ±0.86	6.55 ±0.95
<b>T-3: 2.48% AGL</b>	9.30 ±0.44	7.10 ±0.45
<b>P-value</b>		
ANVA	0.8888	
Kruskal-Wallis		0.0432*

$P>0.05$ = valores estadísticamente no significativos

\* en la prueba de comparación múltiple de Bonferroni ajustada indica no diferencia ( $P>0.05$ )

#### IV. DISCUSION

Según los resultados del estudio la producción de huevos fue más altos con los niveles 1.98 y 2.48% de AGL, la masa de huevo, eficiencia alimenticia y energética fue mejor para el nivel con 1.98%, el peso relativo de yema fue más alta para los niveles 1.98 y 2.48%. El peso de huevo fue más alto con los niveles 1.48 y 1.98% de AGL y más bajo con el nivel alto de AGL (2.48%). Las características de calidad de huevo no fueron afectadas.

La mejora de la respuesta productiva se puede explicar parcialmente por el efecto extra calórico de las dietas, ya que tanto la dieta con 1.98 y 2.48% tuvieron aceite de inclusión (0.90 y 2% respectivamente). La inclusión de grasas suplementarias en las dietas puede ayudar a aumentar la utilización de nutrientes en las dietas al aumentar el tiempo de retención de la digestión en el tracto gastrointestinal, lo que se denomina efecto extra calórico de la grasa dietética (27). La adición de una grasa relativamente insaturada (aceite de soya) a una grasa saturada (grasa amarilla) mejora la EMn de la dieta. La presencia de grasa suplementaria en la dieta aumenta la utilización de energía de la sacarosa. Por lo tanto, el efecto “extra calórico” de las grasas sobre la EMn puede ser la culminación de una interacción favorable entre las grasas suplementarias y las grasas inherentes a otros componentes de la dieta, y una influencia beneficiosa de las grasas suplementarias sobre la utilización de energía de ciertos componentes dietéticos no lipídicos (28).

La inclusión de aceites o grasas en las dietas de gallinas de postura tiene un efecto metabólico importante. Durante el período de puesta de huevos, la cantidad de movilización y síntesis de lípidos en las gallinas ponedoras está en equilibrio dinámico, y la cantidad de alimento graso añadido a la dieta de las gallinas ponedoras es generalmente inferior al 10%. La cantidad de lípidos que las gallinas ponedoras obtienen del alimento es de aproximadamente 3 g por día, y se necesitan entre 5 y 6 g de lípidos para la formación de cada huevo. La composición de ácidos grasos de la dieta afecta directamente a la composición de la yema de huevo. Esta observación también sirve como base teórica para la inclusión de aditivos lipídicos para regular el rendimiento de la producción de huevos y la calidad de los mismos en las gallinas ponedoras (Gao et al., 2021). Las gallinas ponedoras tienen un metabolismo lipídico muy fuerte en sus cuerpos, particularmente durante el período pico de producción de huevos. Como uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento animal y uno de los componentes principales de la yema de huevo, los aceites juegan un papel importante en la regulación del rendimiento de producción de las gallinas ponedoras y la calidad de sus huevos. Por lo tanto, el rendimiento de producción y la calidad de los huevos de las gallinas ponedoras pueden mejorarse de manera factible en teoría y en la práctica complementando la dieta con diferentes aceites (5)

Aumentar o reducir los niveles de AGL en la dieta tiene un efecto sobre el metabolismo de este AG. Una dieta rica en PUFA omega-6 (18:2n-6, LA) puede inhibir la producción de DHA debido a la competencia entre ALA y LA por el uso de la misma enzima en las vías metabólicas. Cabe señalar que esa competencia entre ALA y LA está referida en el uso de las enzimas desaturasa y elongasa en la vía metabólica. (29). Según estudio, los niveles de EPA y DHA en el tejido de los pollos de engorde disminuyeron con el aumento de los niveles de AL en el alimento, manteniendo al mismo tiempo el contenido de ALA en la dieta (30). Además, los huevos producidos a partir de gallinas alimentadas con dietas que contenían 10% de linaza dieron lugar a diferencias en los atributos sensoriales, incluidos el aroma, el sabor y el mal sabor, en comparación con los huevos de control (31).

El metabolismo del ácido linoleico (18:2 n-6) utiliza las mismas enzimas involucradas en el ácido  $\alpha$ -linolénico. El ácido linoleico se convierte en ácido  $\gamma$ -linolénico (18:3n-6) por la acción de la  $\Delta 6$  desaturasa, seguida de la acción de la elongasa que se convierte en ácido dihomo  $\gamma$ -linolénico (20:3n-6), que se convierte en AA. vía  $\Delta 5$  desaturasa. Los AA aún pueden sufrir dos acciones más por la elongasa y convertirse en otros ácidos grasos (ácido docosatetraenoico 22:4n-6 y ácido tetracosatetraenoico 24:4 n6), los productos formados sufren la acción del  $\Delta 6$ , originando el ácido tetracosapentaenoico (24:5), que, cuando se produce la  $\beta$ -oxidación peroxisomal, forma ácido docosapentaenoico (22:5) (32)

Un adecuado equilibrio en la proporción n-6:n-3 en la dieta es esencial para el metabolismo del organismo, ya que los ácidos n-6 y n-3 son metabólicamente diferentes, presentando funciones fisiológicas opuestas (pro y antiinflamatorias, respectivamente). Debido a estos factores, el equilibrio nutricional es importante para lograr la homeostasis y el desarrollo normal del organismo. Algunas recomendaciones para humanos para esta proporción son los ácidos grasos omega 6/omega 3, de 5:1 a 10:1. (33).

La composición de ácidos grasos de los huevos depende de la composición de ácidos grasos del alimento suministrado a las gallinas, lo que desempeña un papel importante en la prevención y regulación de diferentes trastornos y puede modular el metabolismo de los lípidos de forma beneficiosa (34).

Es importante también tener en cuenta las fuentes de aceites que utilizamos en las dietas, ya que contienen diferentes niveles de AGL. En el presente estudio se utilizó el aceite de soya como fuente de este AG. El aceite de soya contiene un poco más de 50% de AGL.

En el presente estudio el peso de huevo fue reducido con el mayor nivel de AGL (2.48%), probablemente debido a que con los niveles de 1.48 y 1.98% fueron suficientes para cubrir requerimiento AGL para peso de huevo.

El peso de huevo es influenciado por una serie de factores, uno de ellos es el contenido de AL en la dieta. El aceite de soya es muy utilizado en la nutrición animal debido a su valor energético. Las investigaciones muestran que este aceite está asociado con un aumento de peso del huevo, debido a los altos niveles de ácido linoleico (35). Este ácido promueve un aumento en las concentraciones de estrógenos y así estimula la síntesis de proteínas en el oviducto, provocando una mayor deposición de proteínas en la albúmina, dando como resultado un óvulo más pesado (36).

El peso del huevo depende en gran medida de la cantidad y el tipo de grasa utilizada en la alimentación, y este efecto se atribuye principalmente al contenido de AGL en la dieta (15).

Para optimizar la producción de huevos y asegurar un rápido aumento en el tamaño de los huevos, muchos investigadores sugieren niveles de AGL alrededor del 1.2% (15)

El aumento del contenido de ácido linoleico (w-6) en las dietas de las gallinas condujo a un mayor contenido de lípidos en la yema de huevo que cuando las gallinas fueron alimentadas con niveles más bajos de ácido linoleico (37).

En el estudio de Palomar *et al.* (38), se encontró diferencias en el tamaño de los huevos de las gallinas alimentadas con aceite de soya (63.84 g), presentando el resto de los grupos valores medios considerablemente más bajos (59.00 - 60.95 g). En este estudio, la cantidad de grasa suplementaria no puede ser un factor, ya que todas las mezclas de aceites contribuyeron con un 6% a la dieta basal. En dicho estudio, el contenido medio de AGL de las dietas que contenían aceite de soya (S10, S20, S30 y S45) o aceite de palma (P10, P20, P30 y P45) fue de 2.8% y 1.2%, respectivamente, con los valores de soya las dietas estuvieron por encima de los requerimientos de las gallinas. En este caso el nivel de AGL en la dieta S10 fue de 2.9 y el de S20 fue 3.0, mientras que el S45 fue de 2.7, sin embargo, el peso de huevo logrado fue diferente significativamente de 63.84 g para S45 y de 60.01 y 60.95 para S10 y S20 respectivamente, es decir con mayor nivel de AGL en la dieta se encontró un menor peso de huevo, lo que indica que el alto tamaño de huevo registrado en gallinas alimentadas con S45 tampoco puede atribuirse al contenido de AGL. Este resultado coincide con los resultados de nuestro estudio donde se encontró que la dieta con mayor nivel de AGL logró el más bajo peso de huevo.

Es necesario indicar que ya desde años atrás hay información contradictoria sobre nivel de AGL en la dieta y el peso de huevo. Según Guenter *et al.* (37) encontró un aumento en el tamaño del huevo con niveles de AGL superiores al 2 al 4%. Pero, por otro lado, hay resultados que no muestran ningún efecto beneficioso de niveles de AGL superiores al 1.0 al 1.1% (39). La mayoría de los nutricionistas de fábricas de piensos y especialistas en revistas especializadas recomiendan niveles de AGL superiores al 1.4% para mejorar la demanda de huevos (40). Según la guía de recomendación de nutrientes de la línea genética LOHMANN Brown classic (41) indica 1.13%

de AGL para un consumo de 115 g/ave/día de gallinas ponedoras mayor de 70 semanas de edad. En esta línea, si comparamos con los tres niveles evaluados (1.48, 1.98 y 2.48%), están por encima de los valores recomendados en años anteriores y las recomendaciones actuales.

Yousefi *et al.* (42) realizaron un estudio en gallinas Hy-line W-36 de 94 semanas de edad y el peso de huevo obtenido fue de 65.43, 65.46 y 65.57 g para dietas con niveles de 2.35, 5.42 y 0.42% de AL respectivamente. Estos resultados muestran que tanto alto y bajos niveles de AGL en la dieta no tuvieron efecto sobre el peso de huevo

En nuestro estudio la dieta con bajo nivel de AGL no tenía aceite de inclusión, mientras que las dietas con 1.98 y 2.48% de AGL tenían 0.99 y 2 % de aceite de inclusión y consecuentemente mayores niveles de extracto etéreo (lípidos) en la dieta.

La mayoría de los ensayos realizados hasta ahora se han centrado únicamente en el peso del huevo, sin prestar suficiente atención a los cambios simultáneos en el peso de la yema y la albúmina (38).

La modificación hepática de las grasas no ocurre completamente, permitiendo así que la composición lipídica de la dieta refleje la composición lipídica de la yema, principalmente las concentraciones de ácidos grasos (43).

La combinación entre las estructuras del folículo ovárico y la VLDL y que se produce en el hígado es la que permite manipular a través de la dieta la modificación de la grasa que se depositará en la yema de huevo (36). La composición lipídica de la yema y la dieta son similares, la dieta ofrecida a las aves y los niveles plasmáticos de lipoproteínas plasmáticas están directamente relacionados con la manipulación del perfil de ácidos grasos de la yema de huevo (43).

Finalmente, los lípidos que circulan en el plasma provienen de la ingesta intestinal, la síntesis hepática y la movilización de las grasas almacenadas en el organismo (44), por lo que, si hay cantidad suficiente de AGL para la formación del huevo, un alto valor de AGL en la dieta no tendría algún efecto, como se ha encontrado en este estudio.

## V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, se concluye que la más alta tasa de producción de huevos se encontró con los niveles 1.98 y 2.48% de AGL en la dieta. Con un nivel moderado de AGL se mejora la conversión, eficiencia energética y masa de huevo. No hay necesidad de aumentar el nivel de AGL hasta 1.98 y 2.48% en la dieta para aumentar el peso de huevo ya que con el nivel de 1.48 % de AGL es suficiente para lograr un alto peso de huevo.

En el proyecto realizado solo fueron aprobadas las variables dadas donde se asume que el peso de la producción de huevos y el peso de la yema aumento por la cantidad AGL.

En granjas no se usa el AGL puro solo se utilizaron fuentes de AGL como el aceite de soya, maíz y la soya.

## VI. RECOMENDACIONES

- Reevaluar niveles de AGL en la dieta en fases más temprana (pos-pico de postura).
- Evaluar niveles de AGL en la dieta sobre la estabilidad y elasticidad de la membrana vitelina de la yema de huevo
- Diseñar estudios con AGL con relación a otros AG como los poliinsaturados  $\omega$ -3  $\omega$ -9.
- Evaluar estudios sobre niveles de AGL sobre la integridad intestinal y evaluar el peso relativo del hígado.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bennett CD. Influence of egg weight on egg breakage in the field. *J. Appl. Poult. Res.* 1992; 1:399–402. [citado 2024 abril 22]. <https://doi.org/10.1093/japr/1.4.399>
2. Abdallah AG, Harms RH, Russell GB. Effect of age and resting on hens laying eggs with heavy or light shell weight. *J. Appl. Poult. Res.* 1995; 4:131–137. [citado 2024 abril 22]. <https://doi.org/10.1093/japr/4.2.131>
3. March BE, Macmillan C. Linoleic acid as a mediator of egg size. *Poult Sci.* 1990; 69(4):634–639. [citado 2024 mayo 17]. <https://doi.org/10.3382/ps.0690634>
4. Ribeiro BRC, Lara LJC, Baiao NC, Lopez CAA, Fiuza MA, Conçado SV, Silva GMM. Effect of linoleic acid level in the diet on the weight, composition and eclodibility of broiler breeders eggs. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2007; 59: 789-796. [citado 2024 mayo 28]. <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/RrGtVpYNHLCKDNsrS5CXTyk/abstract/?lang=en>
5. Gao Z, Zhang J, Li F, Zheng J, Xu G. Effect of Oils in Feed on the Production Performance and Egg Quality of Laying Hens. *Animals.* 2021; 11: 3482. [citado 2024 mayo 25]. <https://doi.org/10.3390/ani11123482>
6. Balnave D. Essential fatty acids in poultry nutrition. *World's Poult. Sci. J.* 1970; 26: 442–460. [citado junio 2024 17]. <https://doi.org/10.1079/WPS19700006>
7. Liu X, Zhang Y, Yan P, Shi T, Wei X. Effects of conjugated linoleic acid on the performance of laying hens, lipid composition of egg yolk, egg flavor, and serum components. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2016; 30(3):417–42. [citado 2024 abril 08]. <https://doi.org/10.5713%2Fajas.15.1036>
8. Whitehead CC. Essential fatty acids in poultry nutrition. 1984; Pages 153–166 in *Fats in Animal Nutrition*. J. Wiseman, ed. Butterworths, London, UK.
9. Scragg RH, Logan NB, Geddes N. Response of egg weight to the inclusion of various fats in layer diets. *Br. Poult. Sci.* 1987; 28:15–21. [citado 2024 junio 16]. <https://doi.org/10.1080/00071668708416932>
10. Grobas S, Mateos GG, Mendez J. Influence of dietary linoleic acid on production and weight of eggs and egg components in young brown hens. *J. Appl. Poult. Res.* 1999; 8:177–184. [citado 2024 junio 01]. <https://doi.org/10.1093/japr/8.2.177>
11. Mannion PF, Neill AR, Brewster M. Egg weight responses of laying hens fed different concentrations of vegetable oil and linoleic acid. *Aust. J. Agric. Res.* 1992; 43: 389–397. [citado 2024 mayo 12]. <https://doi.org/10.1071/AR9920389>
12. Kostik V, Gjorgjeska B, Bauer B, Filev K. Production of shell eggs enriched with n – 3 fatty acids. *IOSR J. Pharm.* 2015; 5: 48–51. [citado 2024 mayo 29]. <http://www.iosrphr.org/pages/current-issue.html>

13. Menge H. Further studies on the linoleic acid requirement of the hen using purified and practical type diets. *Poult Sci.* 1970; 49(4):1027–1030. [citado 2024 abril 20]. <https://doi.org/10.3382/ps.0491027>
14. Wang S, Mohammed KAF, Zhang Y, Ruan D, Xia W, Fouad AM, Zheng C, Chen W. Nutritional impacts of using graded levels of dietary linoleic acid on egg production, egg quality, and yolk fatty acid profile of laying ducks. *Italian Journal of Animal Science.* 2021; 20:1, 112-118. [citado 2024 junio 06]. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1873708>
15. Safaa HM, Serrano MP, Valencia DG, Arbe X, Jiménez-Moreno E, Lázaro R, Mateos GG. Effects of the Levels of Methionine, Linoleic Acid, and Added Fat in the Diet on Productive Performance and Egg Quality of Brown Laying Hens in the Late Phase of Production. *Poultry Science.* 2008; 87:1595–1602. [citado 2024 junio 28]. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00005>
16. Paredes M. et al. Niveles dietarios de metionina y ácido linoleico para codornices criadas en Cajamarca-Perú. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable.* Oct. 2019; [S.l.], v. 3, n. 2, p. 8-14. ISSN 2520-9760. [citado 2024 julio 18] Disponible en: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/440/682>
17. GRANMO. Calculadora estadística. 2022.[citado 2024 diciembre 2023] <https://www.datarus.eu/aplicaciones/granmo/>
18. DISTRITO.PE. 2024. [citado 2024 diciembre 01]. <https://www.districto.pe/districto-chincha-alta.html>
19. SENAMHI. [citado 2024 diciembre 02] <https://web2.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0227>
20. AFOS. Programa de formulación de dietas balanceadas. 2022.
21. Guevara VR. Use of nonlinear programming to optimize performance response to energy density in broiler feed formulation. *Poultry Science.* 2004; 83 (1): 147 151. [citado 2024 marzo 12]. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.147>
22. Kul S, Seker I. Phenotypic correlation between some external and internal egg quality traits in the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Poultry Science.* 2004; 3: 400-405 [citado 2024 julio 2023]. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.400.405>
23. Ahmed AMH, Rodriguez-Navarro AB, Vidal ML, Gautron J, Garcia-Ruiz JM, Nys Y. Changes in eggshell mechanical properties, crystallographic texture and in matrix proteins induced by moult in hens. *British Poultry Science.* 2005; 46, 268–279. [citado 2024 marzo 2023]. <https://doi.org/10.1080/00071660500065425>
24. Thompson BK, Hamilton RMG, Grunder AA. The relationship between laboratory measures of eggshell quality and breakage in commercial egg washing and candling

- equipment. *Poult Sci.* 1985; 64: 901–909. [citado 2024 abril 13]. <https://doi.org/10.3382/ps.0640901>
25. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, INSTITUTE. *User's Guide: Statistics*. Versión 9.4. Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA. 2021
  26. Salvador T.E. *Curso de Bioestadística*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. 2021.
  27. Summers JD. The extra caloric value of fats in poultry diets. In: Wiseman J, editor. *Fats in animal nutrition*. London, UK: Butterworths; 1984; 265–76. [citado 2024 julio 11]. <https://scite.ai/reports/the-extra-caloric-value-of-pVk9NY>
  28. Mateos GG, Sell JL. Influence of Carbohydrate and Supplemental Fat Source on the Metabolizable Energy of the Diet<sup>1</sup>. *Poultry Science*. 1980; 59(9): 2129-2135. [citado 2024 julio 18]. <https://doi.org/10.3382/ps.0592129>
  29. Kartikasari LR, Geier MS, Hughes RJ, Bastian SEP, Gibson RA. Assessment of omega-3 and omega-6 fatty acid profiles and ratio of omega-6/omega-3 of white eggs produced by laying hens fed diets enriched with omega-3 rich vegetable oil. *Open Agriculture* 2024; 9: 20220274. [citado 2024 julio 09]. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0274>
  30. Kartikasari LR, Hughes RJ, Geier Gibson RA. Decreased omega-3 LCPUFA and total omega-3 fat content of chicken meat fed diets high in linoleic acid to alpha-linolenic acid ratio. *Iran J Appl Anim Sci*. 2021 Dec;11(4):817–25. [citado 2024 julio 05]. <http://www.scopus.com/inward/record.url?scp=85123515807&partnerID=8YFLogxK>
  31. Hayat Z, Cherian G, Pasha TN, Khattak FM, Jabbar MA. Sensory evaluation and consumer acceptance of eggs from hens fed flaxseed and 2 different antioxidants. *Poult Sci*. 2010 Oct; 89(10): 2293–8. [citado 2024 julio 02]. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00575>
  32. Sprecher H. Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta (Bba) - Molecular and Cell Biology of Lipids*. 2000;1486(3): 219-231. [citado 2024 julio 21]. [https://doi.org/10.1016/s1388-1981\(00\)00077-9](https://doi.org/10.1016/s1388-1981(00)00077-9)
  33. Santos RD, Gagliardi ACM, Xavier HT, Magnoni CD, Cassani R, Lottenberg AMP, Casella Filho A, Araújo DB, Cesena FY, Alves RJ, Fenelon G, Nishioka SAD, Faludi AA, Geloneze B, Scherr C, Kovacs C, Tomazzela C, Carla C, Barrera-Arellano D, Cintra D, Quintão E, Nakandakare ER, Fonseca FAH, Pimentel I, Santos JE, Bertolami MC, Rogero M, Izar MC, Nakasato M, Damasceno NRT, Maranhão R, Cassani RSL, Perim R, Ramos SI. *diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular*. *Arquivos Brasileiros De Cardiologia*. 2013; 48
  34. Vlaicu PA, Panaite TD. Effect of dietary pumpkin (*Cucurbita moschata*) seed meal on layer performance and egg quality characteristics. *Animal Bioscience*. Preprint. [citado 2024 mayo 26] <https://doi.org/10.5713/ab.21.0044>

35. Jiang S, Cui LY, Hou JF, Shi C, Ke X, Yang LC, Ma XP. Effects of age and dietary soybean oil level on eggshell quality, bone strength and blood biochemistry in laying hens. *British Poultry Science*. 2014; 55(5): 653–661. [citado 2024 junio 27]. <https://doi.org/10.1080/00071668.2014.949624>
36. Silva LAL da, Miranda VM de MC, Andrade JM de M, Santos TC dos. Linoleic acid and alpha linolenic acid ratio in poultry feed: A review . *Research, Society and Development*. 2021; 10(10): e11101018427. [citado 2024 junio 18] Disponible en: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18427>
37. Guenter W, Bragg DB, Kondra PA. Effect of dietary linoleic acid on fatty acid composition of egg yolk, liver and adipose tissue. *Poult. Sci*. 1971; 50: 845–850. [citado 2024 junio 21]. <https://doi.org/10.3382/ps.0500845>
38. Palomar M, Soler MD, Tres A, Barroeta AC, Munoz-Nunez M, Garcés-Narro C. Influence of free fatty acid content and degree of fat saturation in laying hen diets on egg quality, yolk fatty acid profile, and cholesterol content. *Poultry Science*. 2023; 102:102236. [citado 2024 abril 29] <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102236>
39. Whitehead CC. The response of eggweight to the inclusion of different amounts of vegetable oil and linoleic acid in the diet of laying hens. *B? Poultry Sci*. 1981; 22:525-532. [citado 2024 mayo 18]. <https://doi.org/10.1080/00071688108447920>
40. Kreager D. Feeding layers from housing to peak production. *Poultry Intl*. 1989; 28(6):38-39. [citado 2024 mayo 27]. [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Feeding%20layers%20from%20housing%20to%20peak%20production&publication\\_year=1989&author=D.%20Kreager](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Feeding%20layers%20from%20housing%20to%20peak%20production&publication_year=1989&author=D.%20Kreager)
41. Lohmann. Recommended Nutrient Levels for LOHMANN BROWN-CLASSIC Layers. 2023. [citado 2024 abril 11]. <https://lohmann-breeders.com/es/strains/lohmann-brown-classic-2/>
42. Yousefi M, Shivazad M, Sohrabi-Haghdoust I. Effects of reducing dietary methionine, linoleic acid, choline and increasing energy on performance and eggshell quality in aged laying hens. *EPC 2006 - 12th European Poultry Conference, Verona, Italy, 10-14 September, 2006*. [citado 2024 julio 11]. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20093210461>
43. Costa FAD, Tavernari FC, Costa OAD, Castro FF, Remus A. Enriquecimento com ácidos graxos da série ômega 3 em carne de aves e ovos. *PUBVET*. 2017; 11(2): 113-123. [citado 2024 julio 10]. <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/1365>
44. Freitas EC, Nobrega MP, Troncom FR, Franco GS. Metabolismo Lipídico durante o exercício físico: mobilização do ácido graxo. *Pensar a Prática*. 2012; 15(3): 801-814. [citado 2024 julio 09]. e20810817115. <https://revistas.ufg.br/index.php/fef/article/view/15698>

## VIII. ANEXOS

### ANEXO N° 1

#### FORMULAS DE LAS DIETAS

# T-1 1.48% AL

Plant: SPT POSTURA LOHMANN

Batch Size(USD/kg): 40.0000

Cost in USD/kg: 1.8162

Batch Cost(in USD): 72.6478

## Composition Chart

## Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ, 7.86	1.56			64.3311	25.7325	40.1426	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.56			18.9685	7.5874	19.4237	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.25	6.32	6.32	6.32	2.528	0.632	
SP DE TRIGO, 15.1	1.15			5.8315	2.3326	2.6825	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.25			2.205	0.882	0.2205	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			1.1538	0.4615	3.0229	
SAL COMUN	0.515			0.2887	0.1155	0.0595	
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.2		0.2	0.08	0.384	
METIONINA	19.8			0.1666	0.0666	1.3191	
CLORURO DE COLINA	7.2			0.1537	0.0615	0.4427	
PREMIX MIN+VIT	25	0.12	0.12	0.12	0.048	1.2	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19	0.1	0.1	0.1	0.04	0.76	
Fe organico	23	0.1	0.1	0.1	0.04	0.92	
LISINA	17			0.0492	0.0197	0.3343	
PIGMENTO	230	0.012	0.012	0.012	0.0048	1.104	

40.000

## Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%			1.4873	
Alanina SID		%			0.3152	
Alanina T	2	%			0.829	
Almidon	3	%			43.7222	
Arginina SID	4	%	0.71		0.8762	
Arginina T	5	%			0.9481	
ASP SID		%			0.1287	
Asp T	6	%			0.8083	
BED	7	mEq/Kg			158.457	
Calcio	8	%	3.5		3.5	0.0207
Ceniza	9	%			2.2848	
Cloro	10	%			0.2759	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	
Cystina SID	12	%			0.2141	
Cystina T	13	%			0.2564	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2775		2775	0.0005
ENeta postura		kcal/kg			2222.1455	
Extracto etereo	24	%			3.1191	
FDA	25	%			4.2763	
FDN	26	%			13.7783	
Fenylalanina SID	27	%			0.6512	
Fenylalanina T	28	%			0.7264	
Fibra cruda	29	%			2.4556	
Gli SID		%			0.1544	
GLU SID		%			0.5661	
Glu T	30	%			1.4719	
Gly + Ser T	31	%			1.4101	
Glycina T	32	%			0.6363	
Histidina SID	33	%			0.3658	
Histidina T	34	%			0.411	
Isoleucina SID	35	%	0.54		0.5426	
Isoleucina T	36	%			0.6088	
Leucina SID	38	%			1.2361	
Leucina T	39	%			1.3458	
Lysina SID	40	%	0.68		0.68	0.1676
Lysina T	41	%			0.7657	
Materia seca	42	%			31.6783	
Met + Cys T	43	%			0.6577	
Met + Cys SID	44	%	0.59		0.596	
Methionina SID	45	%	0.38		0.38	0.164
Methionina T	46	%			0.3994	

P Dig BRASIL		%			0.3204	
P Dig cvb	47	%			0.3088	
P Dig FEDNA	48	%			0.3127	
P disponible	49	%	0.33		0.33	0.3227
P fitico	50	%			0.2141	
P total	51	%			0.5634	
PNA	53	%			14.5214	
Potasio	54	%			0.6171	
Prolina SID		%			0.4889	
Prolina T	55	%			1.0225	
Proteina cruda	56	%	14.9		14.9	0.024
Serina SID		%			0.2059	
Serine T	57	%			0.7738	
Sodio	58	%	0.18		0.18	0.0265
Threonina SID	59	%	0.48		0.5059	
Threonina T	60	%			0.5744	
Tryptophano SID	61	%	0.15		0.1604	
Tryptophano T	62	%			0.1766	
Tyrosine T	63	%			0.5282	
Valina SID	64	%	0.6		0.6061	
Valina T	65	%			0.703	

# T-2 1.98% AL

Plant: SPT POSTURA LOHMANN

Batch Size(USD/kg): 40.0000

Cost in USD/kg: 1.8394

Batch Cost(in USD): 73.5775

## Composition Chart

### Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ, 7.86	1.56			59.7502	23.9001	37.2841	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.56			18.6143	7.4457	19.0611	
SP DE TRIGO, 15.1	1.15			9.8271	3.9308	4.5205	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.25	6.41	6.41	6.41	2.564	0.641	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.25			2.1388	0.8555	0.2139	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			1.0706	0.4283	2.805	
ACEITE DE SOYA	4.5			0.992	0.3968	1.7855	
SAL COMUN	0.515			0.288	0.1152	0.0593	
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.2		0.2	0.08	0.384	
METIONINA	19.8			0.1683	0.0673	1.3327	
CLORURO DE COLINA	7.2			0.1516	0.0606	0.4366	
PREMIX MIN+VIT	25	0.12	0.12	0.12	0.048	1.2	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19	0.1	0.1	0.1	0.04	0.76	
Fe organico	23	0.1	0.1	0.1	0.04	0.92	
LISINA	17			0.0491	0.0196	0.3337	
PIGMENTO	230	0.02	0.02	0.02	0.008	1.84	

40.000

## Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%	1.98		1.98	0.0123
Alanina SID		%			0.2928	
Alanina T	2	%			0.8224	
Almidon	3	%			41.9781	
Arginina SID	4	%	0.71		0.8865	
Arginina T	5	%			0.9598	
ASP SID		%			0.1195	
Asp T	6	%			0.8048	
BED	7	mEq/Kg			164.9238	
Calcio	8	%	3.5		3.5	0.0129
Ceniza	9	%			2.3981	
Cloro	10	%			0.2737	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	
Cystina SID	12	%			0.2152	
Cystina T	13	%			0.2586	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2775		2775	0.0005
ENeta postura		kcal/kg			2230.6091	
Extracto etereo	24	%			4.0634	
FDA	25	%			4.6274	
FDN	26	%			14.6883	
Fenylalanina SID	27	%			0.6484	
Fenylalanina T	28	%			0.7249	
Fibra cruda	29	%			2.7236	
Gli SID		%			0.1434	
GLU SID		%			0.5258	
Glu T	30	%			1.4885	
Gly + Ser T	31	%			1.4198	
Glicina T	32	%			0.6468	
Histidina SID	33	%			0.3638	
Histidina T	34	%			0.4117	
Isoleucina SID	35	%	0.54		0.54	0.474
Isoleucina T	36	%			0.6083	
Leucina SID	38	%			1.2131	
Leucina T	39	%			1.3263	
Lysina SID	40	%	0.68		0.68	0.1964
Lysina T	41	%			0.7689	
Materia seca	42	%			35.832	
Met + Cys T	43	%			0.6617	
Met + Cys SID	44	%	0.59		0.5971	
Methionina SID	45	%	0.38		0.38	0.1788
Methionina T	46	%			0.4012	
P Dig BRASIL		%			0.3207	

P Dig cvb	47	%			0.304	
P Dig FEDNA	48	%			0.3049	
P disponible	49	%	0.33		0.33	0.3141
P fitico	50	%			0.2225	
P total	51	%			0.5704	
PNA	53	%			15.9192	
Potasio	54	%			0.6399	
Prolina SID		%			0.4541	
Prolina T	55	%			1.0174	
Proteina cruda	56	%	14.9		14.9795	
Serina SID		%			0.1912	
Serine T	57	%			0.7729	
Sodio	58	%	0.18		0.18	0.019
Threonina SID	59	%	0.48		0.5019	
Threonina T	60	%			0.5741	
Tryptophano SID	61	%	0.15		0.1624	
Tryptophano T	62	%			0.1803	
Tyrosine T	63	%			0.527	
Valina SID	64	%	0.6		0.6048	
Valina T	65	%			0.7064	

# T-3 2.48% AL

Plant: SPT POSTURA LOHMANN

Batch Size(USD/kg): 40.0000

Cost in USD/kg: 1.8456

Batch Cost(in USD): 73.8242

## Composition Chart

### Ingredient Restrictions

Ingredient	Price (USD)	Min(%)	Max(%)	Usage(%)	Batch(kg)	Cost(USD)	Shadow
MAIZ, 7.86	1.56			55.0259	22.0104	34.3362	
TORTA DE SOYA, 46.50	2.56			18.4181	7.3673	18.8602	
SP DE TRIGO, 15.1	1.15			13.8073	5.5229	6.3514	
CARBONATO DE CALCIO GRUESO	0.25	6.44	6.44	6.44	2.576	0.644	
CARBONATO DE CALCIO FINO	0.25			2.1317	0.8527	0.2132	
ACEITE DE SOYA	4.5			2.0009	0.8003	3.6015	
MONTAFOS (P monodicalcico) 21	6.55			0.9865	0.3946	2.5845	
SAL COMUN	0.515			0.2873	0.1149	0.0592	
BICARBONATO DE SODIO	4.8	0.2		0.2	0.08	0.384	
METIONINA	19.8			0.1693	0.0677	1.341	
CLORURO DE COLINA	7.2			0.1489	0.0595	0.4287	
PREMIX MIN+VIT	25	0.12	0.12	0.12	0.048	1.2	
SECUESTRANTE MICOTOXINAS	19	0.1	0.1	0.1	0.04	0.76	
Fe organico	23	0.1	0.1	0.1	0.04	0.92	
LISINA	17			0.0442	0.0177	0.3003	
PIGMENTO	230	0.02	0.02	0.02	0.008	1.84	

40

## Nutrient Restrictions

Nutrient	Code	Units	Min Limit	Max Limit	Actual	Shadow
Acido Linoleico	1	%	2.48		2.48	0.0123
Alanina SID		%			0.2696	
Alanina T	2	%			0.8182	
Almidon	3	%			40.1485	
Arginina SID	4	%	0.71		0.9012	
Arginina T	5	%			0.9762	
ASP SID		%			0.1101	
Asp T	6	%			0.8061	
BED	7	mEq/Kg			172.2917	
Calcio	8	%	3.5		3.5	0.0129
Ceniza	9	%			2.5193	
Cloro	10	%			0.2703	
Colina	11	mg/kg	1800		1800	
Cystina SID	12	%			0.217	
Cystina T	13	%			0.2616	
EMetab. postura	20	kcal/kg	2775		2775	0.0005
ENeta postura		kcal/kg			2239.2981	
Extracto etereo	24	%			5.0232	
FDA	25	%			4.9842	
FDN	26	%			15.5938	
Fenylalanina SID	27	%			0.6485	
Fenylalanina T	28	%			0.7266	
Fibra cruda	29	%			2.9944	
Gli SID		%			0.1321	
GLU SID		%			0.4842	
Glu T	30	%			1.5099	
Gly + Ser T	31	%			1.4353	
Glicina T	32	%			0.66	
Histidina SID	33	%			0.3632	
Histidina T	34	%			0.4138	
Isoleucina SID	35	%	0.54		0.54	0.474
Isoleucina T	36	%			0.6109	
Leucina SID	38	%			1.1937	
Leucina T	39	%			1.311	
Lysina SID	40	%	0.68		0.68	0.1964
Lysina T	41	%			0.7725	
Materia seca	42	%			40.1202	
Met + Cys T	43	%			0.6664	
Met + Cys SID	44	%	0.59		0.5988	
Methionina SID	45	%	0.38		0.38	0.1788
Methionina T	46	%			0.403	
P Dig BRASIL		%			0.3211	

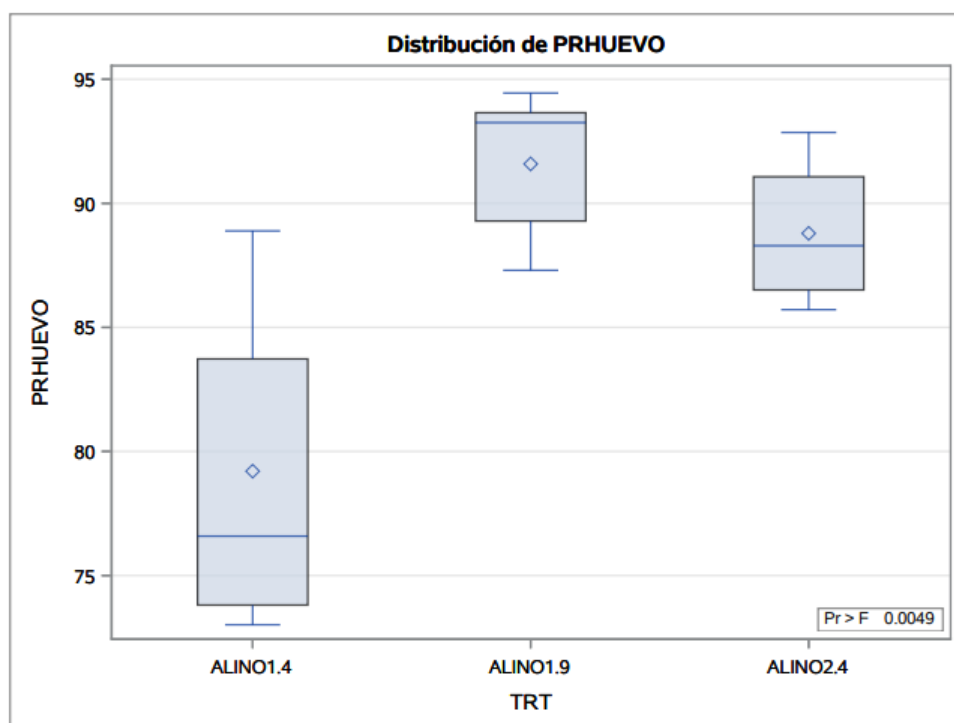
P Dig cvb	47	%			0.2993	
P Dig FEDNA	48	%			0.2972	
P disponible	49	%	0.33		0.33	0.3141
P fitico	50	%			0.2312	
P total	51	%			0.5777	
PNA	53	%			17.3306	
Potasio	54	%			0.665	
Prolina SID		%			0.4182	
Prolina T	55	%			1.0148	
Proteina cruda	56	%	14.9		15.114	
Serina SID		%			0.1761	
Serine T	57	%			0.7754	
Sodio	58	%	0.18		0.18	0.019
Threonina SID	59	%	0.48		0.4998	
Threonina T	60	%			0.5762	
Tryptophano SID	61	%	0.15		0.1652	
Tryptophano T	62	%			0.185	
Tyrosine T	63	%			0.5279	
Valina SID	64	%	0.6		0.6061	
Valina T	65	%			0.7128	

**ANEXO N° 2:**

## RESULTADOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

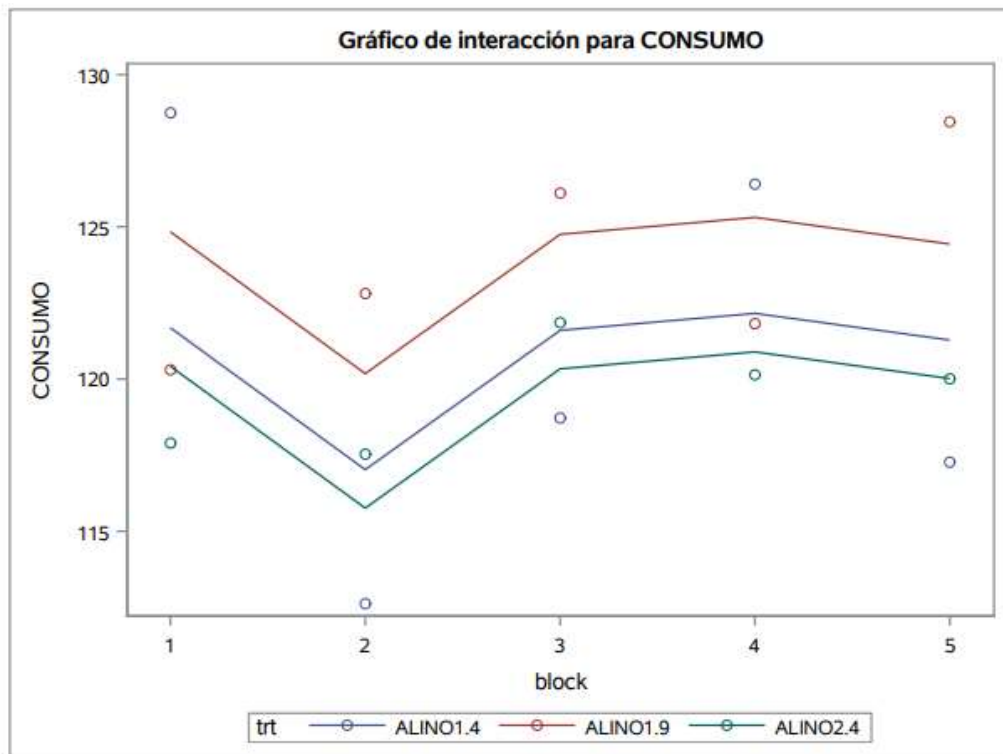
### PRODUCCION DE HUEVOS

Obs	NUMERO	TRT	PRHUEVO
1	1	ALINO1.4	83.7302
2	2	ALINO1.4	73.8095
3	3	ALINO1.4	88.8889
4	4	ALINO1.4	76.5873
5	5	ALINO1.4	73.0159
6	6	ALINO1.9	87.3016
7	7	ALINO1.9	93.6508
8	8	ALINO1.9	93.2540
9	9	ALINO1.9	94.4444
10	10	ALINO1.9	89.2857
11	11	ALINO2.4	85.7143
12	12	ALINO2.4	89.2857
13	13	ALINO2.4	87.3016
14	14	ALINO2.4	92.8571



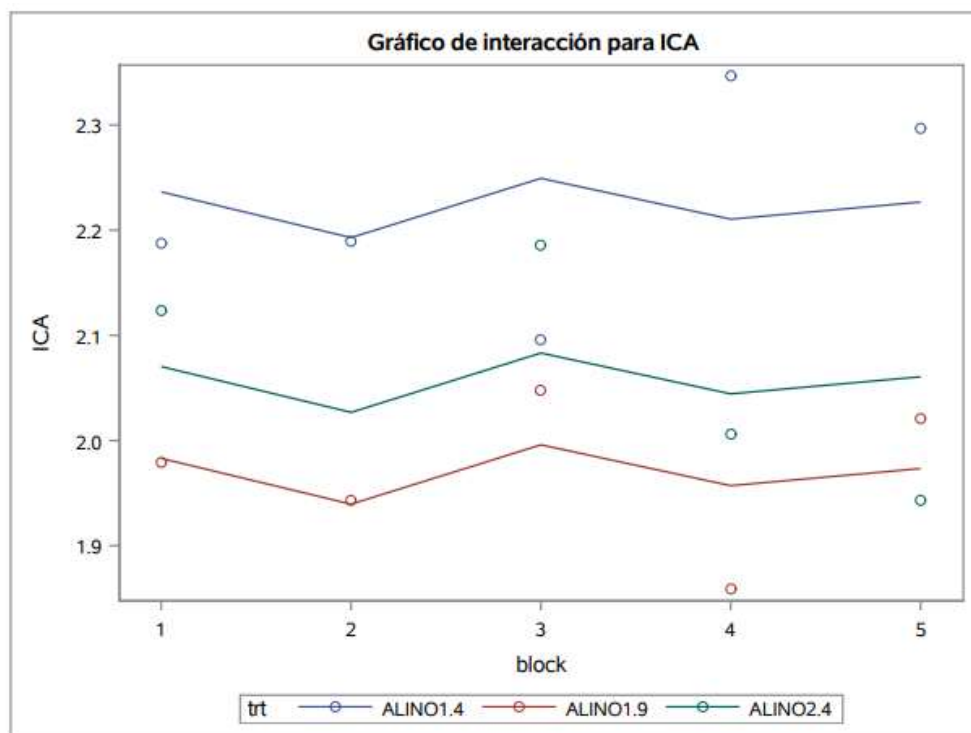
### CONSUMO DE ALIMENTO

Obs	trt	block	CONSUMO
1	ALINO1.4	1	128.730
2	ALINO1.4	2	112.611
3	ALINO1.4	3	118.726
4	ALINO1.4	4	126.397
5	ALINO1.4	5	117.278
6	ALINO1.9	1	120.317
7	ALINO1.9	2	122.802
8	ALINO1.9	3	126.103
9	ALINO1.9	4	121.833
10	ALINO1.9	5	128.452
11	ALINO2.4	1	117.889
12	ALINO2.4	2	117.548
13	ALINO2.4	3	121.853
14	ALINO2.4	4	120.127
15	ALINO2.4	5	120.000



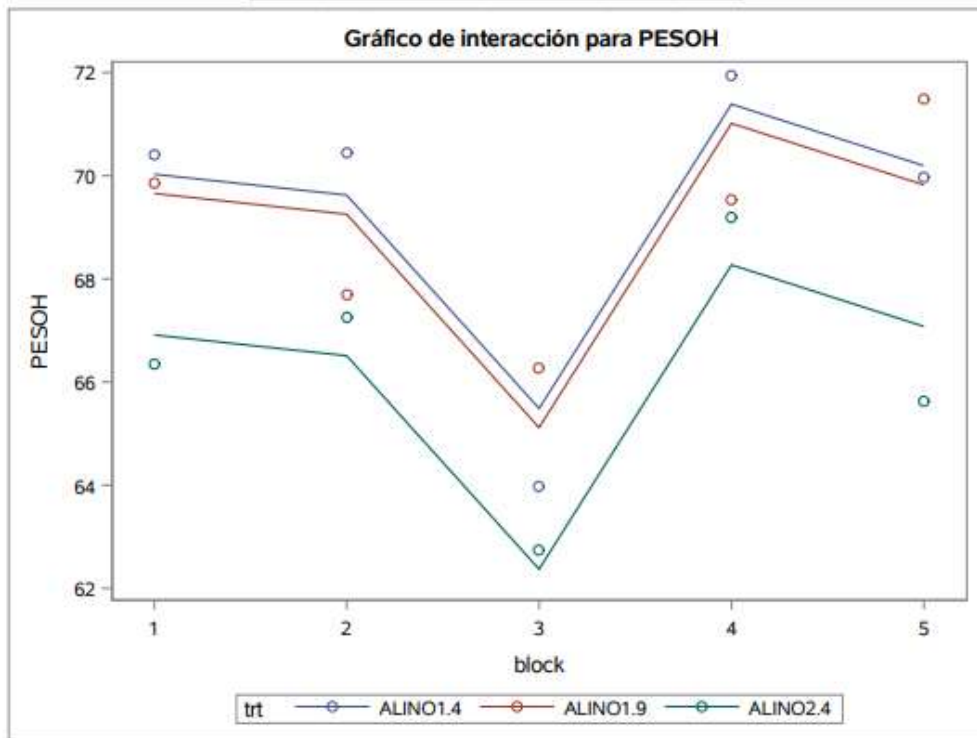
**CONVERSION ALIMENTICIA**

Obs	trt	block	ICA
1	ALINO1.4	1	2.18732
2	ALINO1.4	2	2.18931
3	ALINO1.4	3	2.09576
4	ALINO1.4	4	2.34683
5	ALINO1.4	5	2.29665
6	ALINO1.9	1	1.97932
7	ALINO1.9	2	1.94314
8	ALINO1.9	3	2.04731
9	ALINO1.9	4	1.85876
10	ALINO1.9	5	2.02062
11	ALINO2.4	1	2.12323
12	ALINO2.4	3	2.18544
13	ALINO2.4	4	2.00646
14	ALINO2.4	5	1.94354



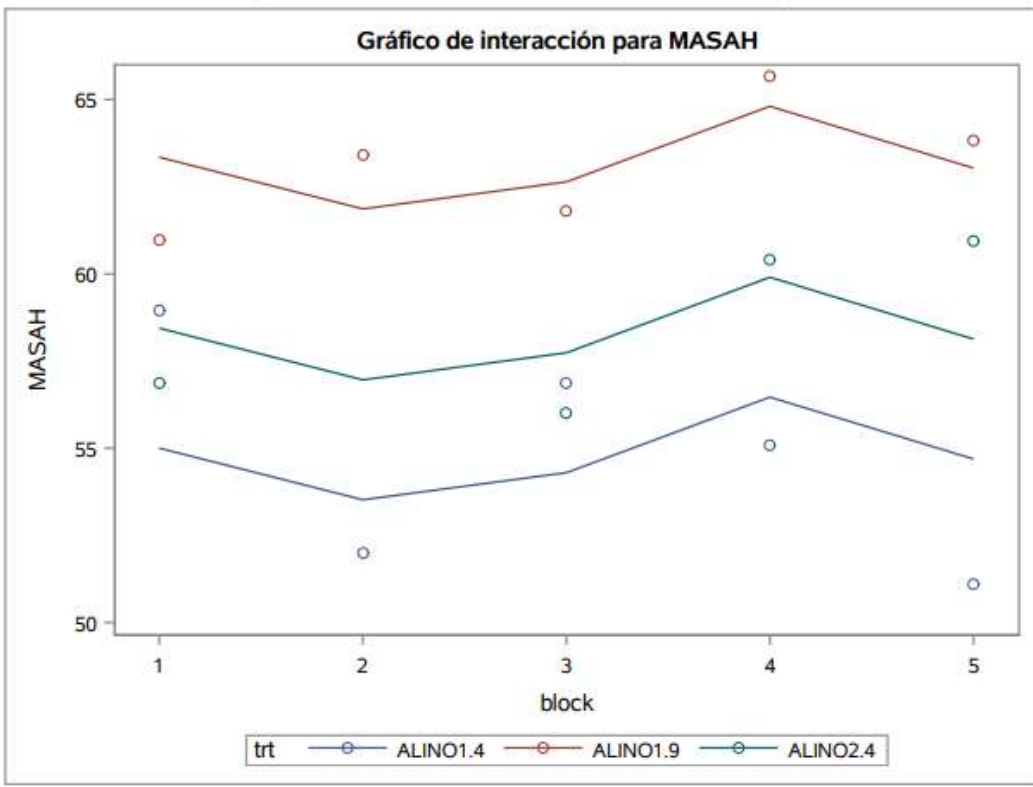
**PESO DE HUEVO**

Obs	trt	block	PESOH
1	ALINO1.4	1	70.4057
2	ALINO1.4	2	70.4350
3	ALINO1.4	3	63.9687
4	ALINO1.4	4	71.9397
5	ALINO1.4	5	69.9738
6	ALINO1.9	1	69.8515
7	ALINO1.9	2	67.6998
8	ALINO1.9	3	66.2773
9	ALINO1.9	4	69.5353
10	ALINO1.9	5	71.4957
11	ALINO2.4	1	66.3398
12	ALINO2.4	2	67.2514
13	ALINO2.4	3	62.7340
14	ALINO2.4	4	69.1961
15	ALINO2.4	5	65.6244



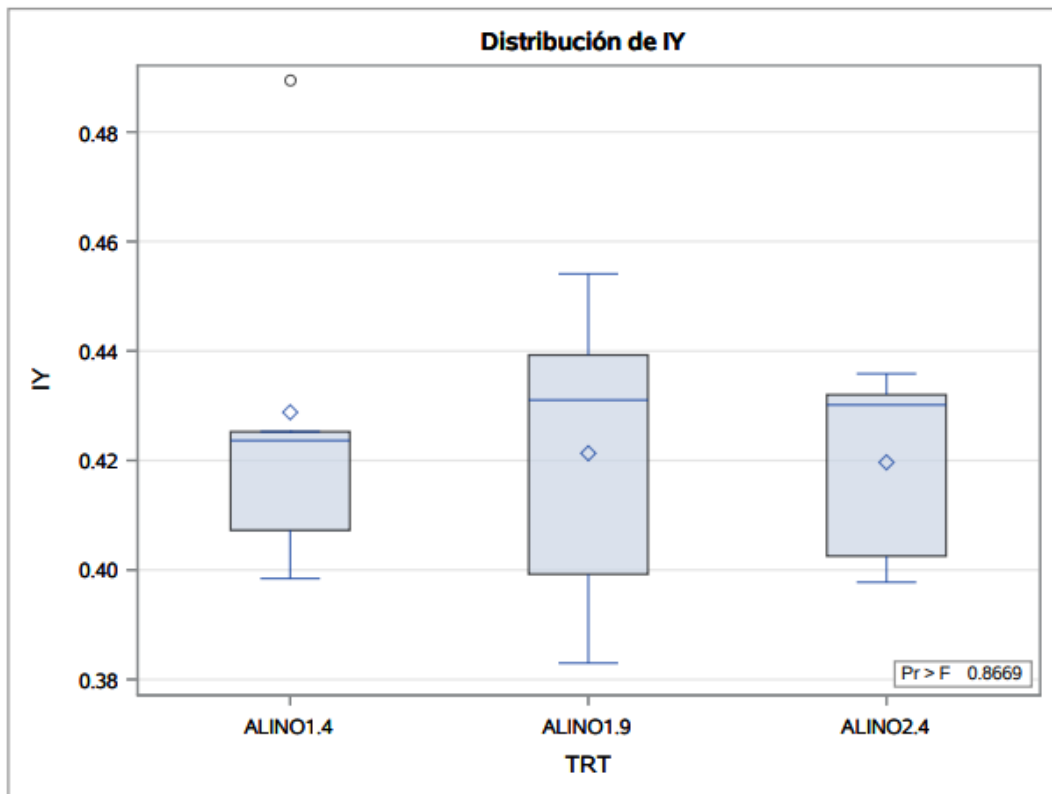
**MASA DE HUEVO**

Obs	trt	block	MASAH
1	ALINO1.4	1	58.9508
2	ALINO1.4	2	51.9878
3	ALINO1.4	3	56.8610
4	ALINO1.4	4	55.0967
5	ALINO1.4	5	51.0920
6	ALINO1.9	1	60.9815
7	ALINO1.9	2	63.4014
8	ALINO1.9	3	61.8062
9	ALINO1.9	4	65.6722
10	ALINO1.9	5	63.8354
11	ALINO2.4	1	56.8627
12	ALINO2.4	3	56.0125
13	ALINO2.4	4	60.4093
14	ALINO2.4	5	60.9369



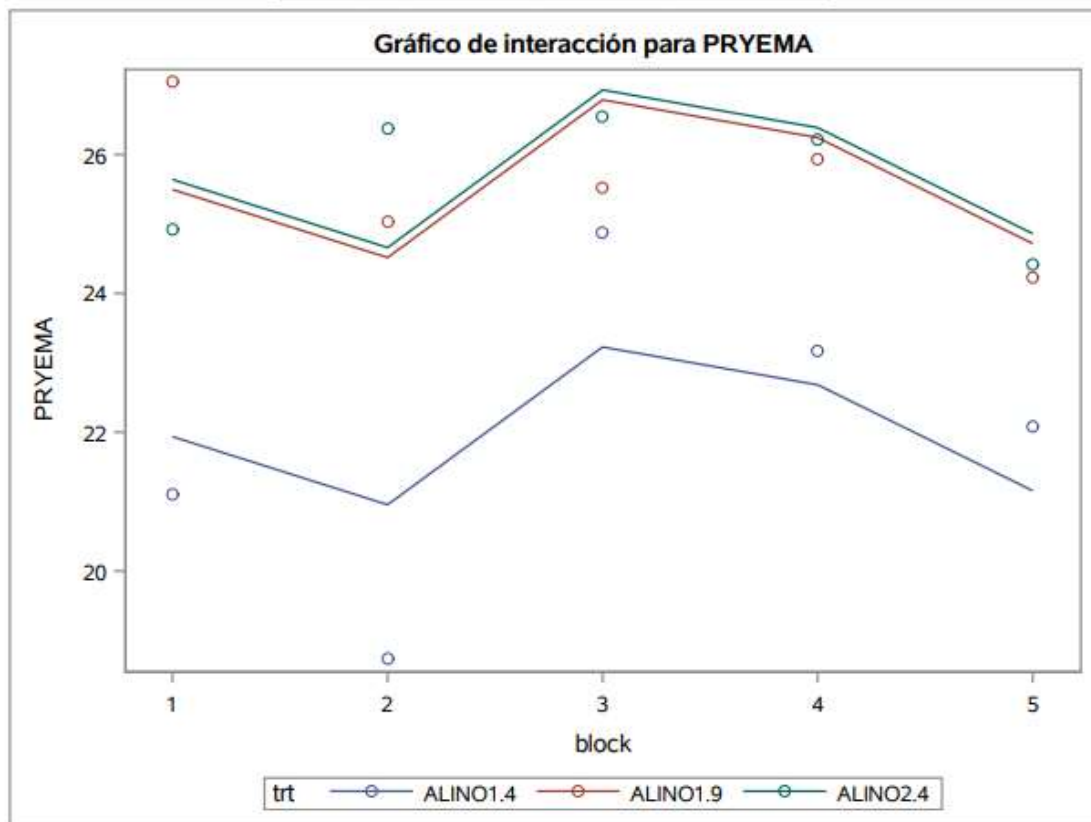
INDICE DE YEMA

Obs	NUMERO	TRT	IY
1	1	ALINO1.4	0.39845
2	2	ALINO1.4	0.42363
3	3	ALINO1.4	0.42525
4	4	ALINO1.4	0.40725
5	5	ALINO1.4	0.48942
6	6	ALINO1.9	0.39922
7	7	ALINO1.9	0.45407
8	8	ALINO1.9	0.38299
9	9	ALINO1.9	0.43103
10	10	ALINO1.9	0.43926
11	11	ALINO2.4	0.39776
12	12	ALINO2.4	0.43584
13	13	ALINO2.4	0.43016
14	14	ALINO2.4	0.43200
15	15	ALINO2.4	0.40252



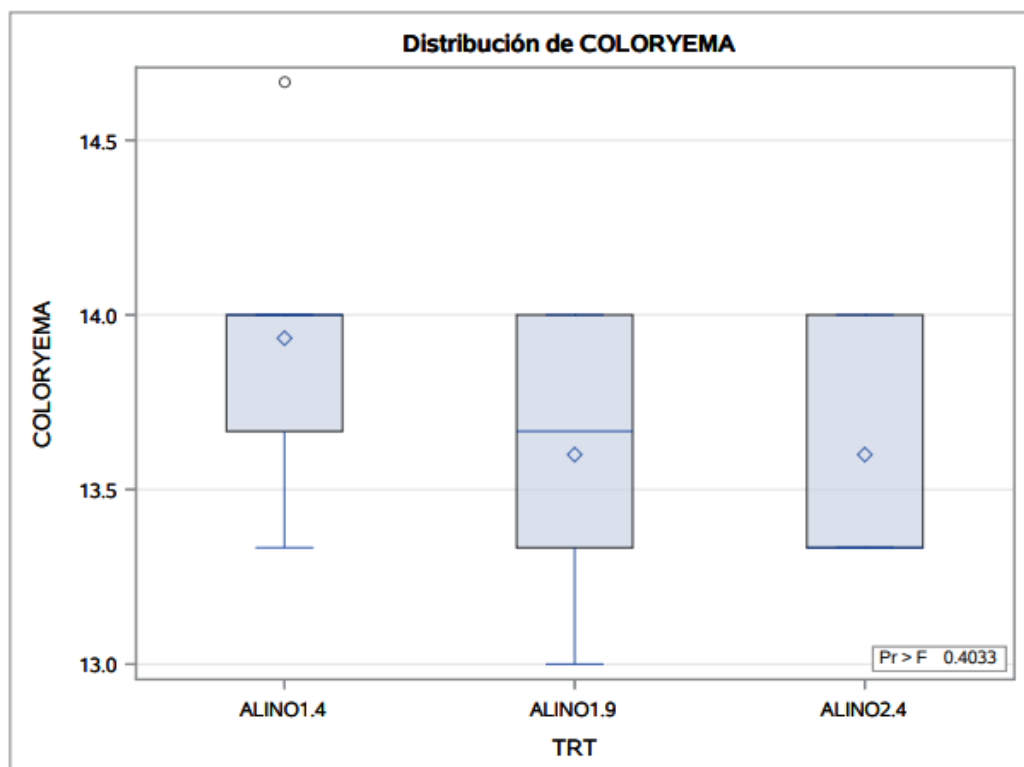
**PESO DE YEMA**

Obs	trt	block	PRYEMA
1	ALINO1.4	1	21.0957
2	ALINO1.4	2	18.7335
3	ALINO1.4	3	24.8691
4	ALINO1.4	4	23.1693
5	ALINO1.4	5	22.0872
6	ALINO1.9	1	27.0535
7	ALINO1.9	2	25.0276
8	ALINO1.9	3	25.5244
9	ALINO1.9	4	25.9294
10	ALINO1.9	5	24.2264
11	ALINO2.4	1	24.9213
12	ALINO2.4	2	26.3695
13	ALINO2.4	3	26.5529
14	ALINO2.4	4	26.2152
15	ALINO2.4	5	24.4204



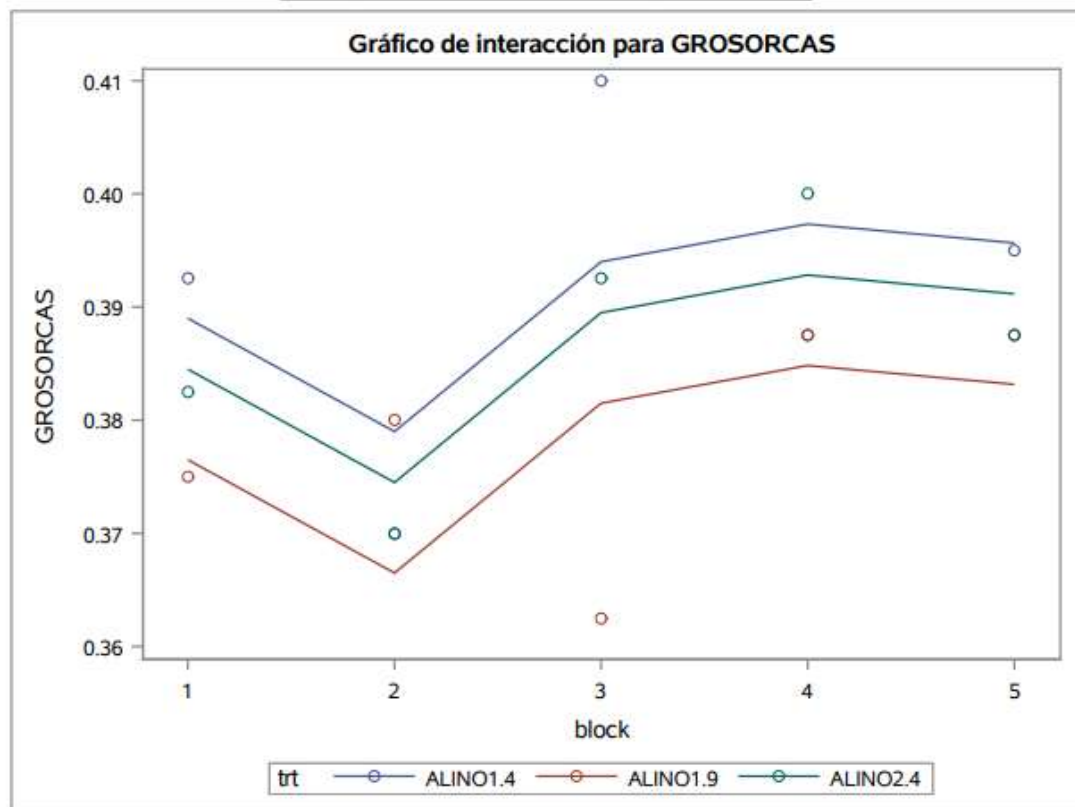
## COLOR DE YEMA

Obs	NUMERO	TRT	COLORYEMA
1	1	ALINO1.4	14.6667
2	2	ALINO1.4	13.3333
3	3	ALINO1.4	14.0000
4	4	ALINO1.4	14.0000
5	5	ALINO1.4	13.6667
6	6	ALINO1.9	13.3333
7	7	ALINO1.9	14.0000
8	8	ALINO1.9	14.0000
9	9	ALINO1.9	13.6667
10	10	ALINO1.9	13.0000
11	11	ALINO2.4	14.0000
12	12	ALINO2.4	14.0000
13	13	ALINO2.4	13.3333
14	14	ALINO2.4	13.3333
15	15	ALINO2.4	13.3333



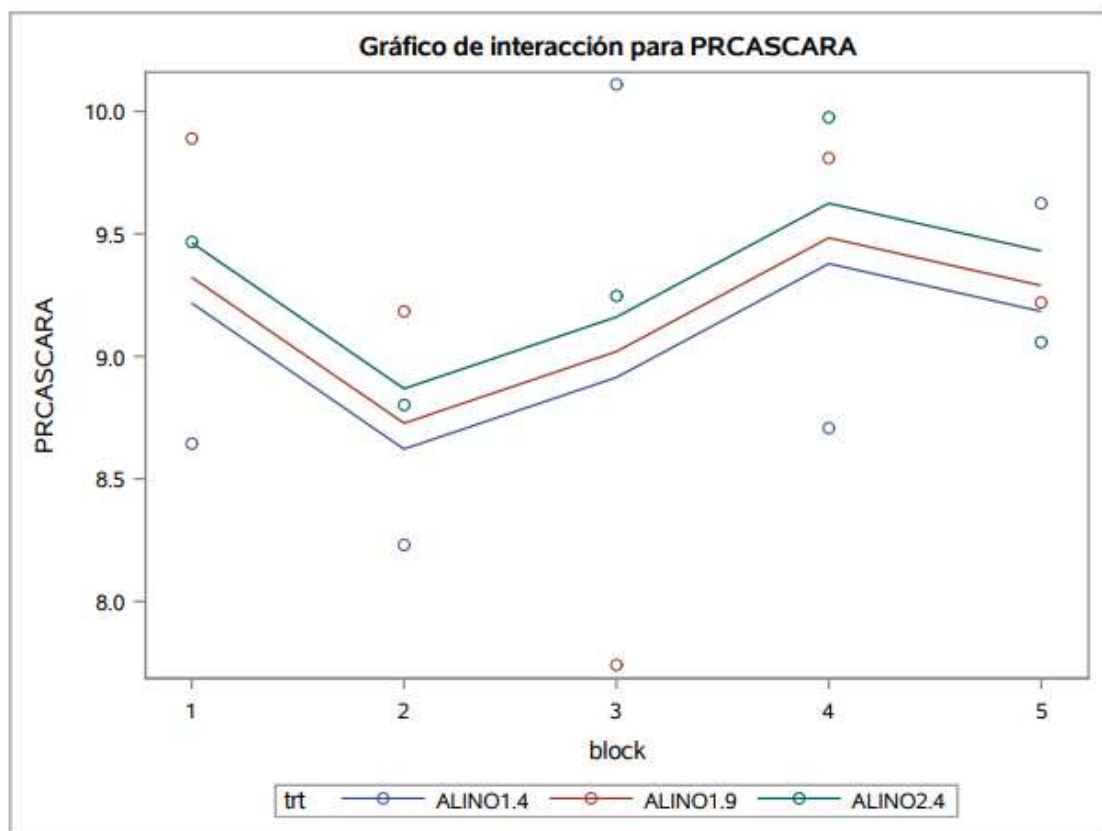
## GROSOR DE CASCARA

Obs	trt	block	GROSORCAS
1	ALINO1.4	1	0.3925
2	ALINO1.4	2	0.3700
3	ALINO1.4	3	0.4100
4	ALINO1.4	4	0.3875
5	ALINO1.4	5	0.3950
6	ALINO1.9	1	0.3750
7	ALINO1.9	2	0.3800
8	ALINO1.9	3	0.3625
9	ALINO1.9	4	0.3875
10	ALINO1.9	5	0.3875
11	ALINO2.4	1	0.3825
12	ALINO2.4	2	0.3700
13	ALINO2.4	3	0.3925
14	ALINO2.4	4	0.4000
15	ALINO2.4	5	0.3875



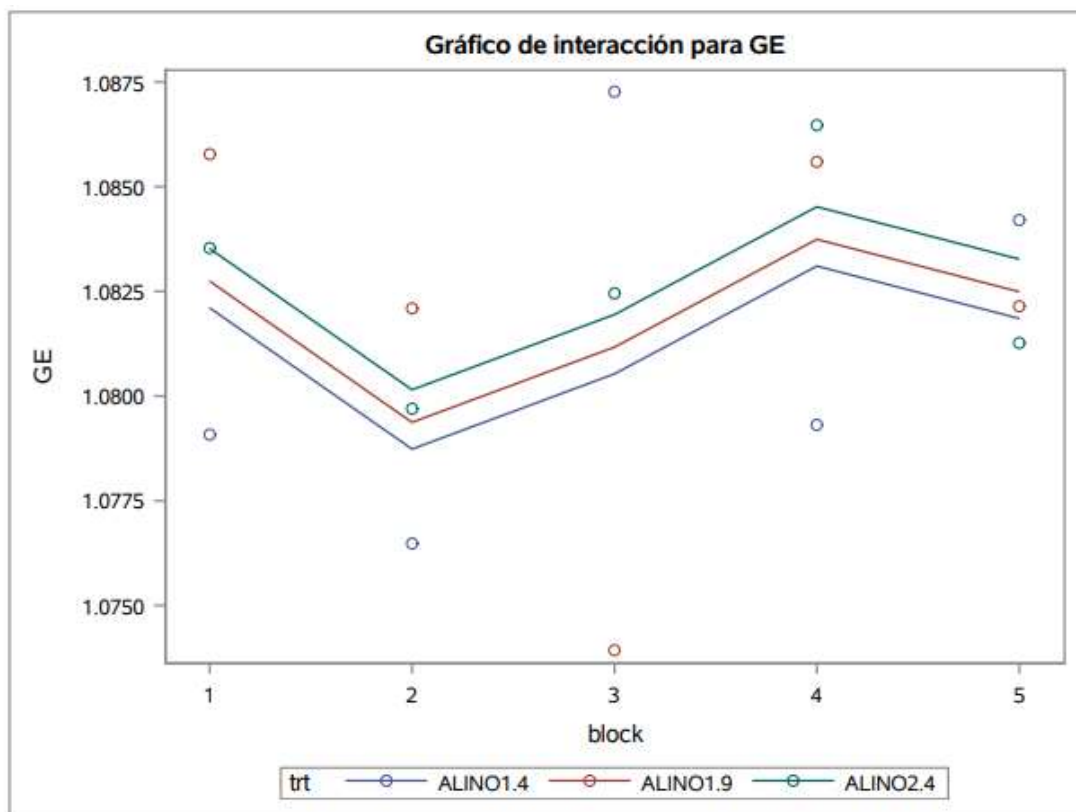
## PESO RELATIVO DE CASCARA

Obs	trt	block	PRCASCARA
1	ALINO1.4	1	8.6458
2	ALINO1.4	2	8.2310
3	ALINO1.4	3	10.1102
4	ALINO1.4	4	8.7053
5	ALINO1.4	5	9.6233
6	ALINO1.9	1	9.8909
7	ALINO1.9	2	9.1827
8	ALINO1.9	3	7.7397
9	ALINO1.9	4	9.8081
10	ALINO1.9	5	9.2217
11	ALINO2.4	1	9.4681
12	ALINO2.4	2	8.8039
13	ALINO2.4	3	9.2445
14	ALINO2.4	4	9.9736
15	ALINO2.4	5	9.0572



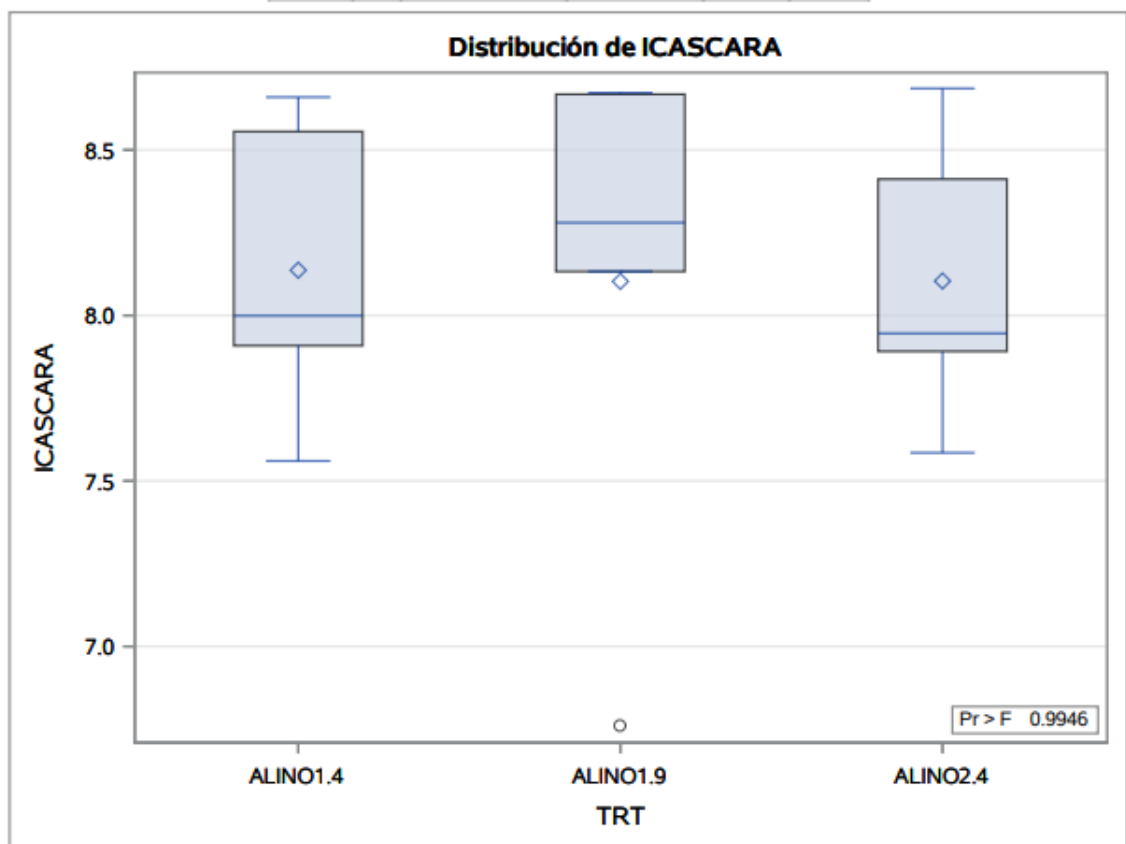
## GRAVEDAD ESPECÍFICA

Obs	trt	block	GE
1	ALINO1.4	1	1.07907
2	ALINO1.4	2	1.07648
3	ALINO1.4	3	1.08726
4	ALINO1.4	4	1.07930
5	ALINO1.4	5	1.08421
6	ALINO1.9	1	1.08577
7	ALINO1.9	2	1.08208
8	ALINO1.9	3	1.07393
9	ALINO1.9	4	1.08560
10	ALINO1.9	5	1.08214
11	ALINO2.4	1	1.08353
12	ALINO2.4	2	1.07970
13	ALINO2.4	3	1.08246
14	ALINO2.4	4	1.08646
15	ALINO2.4	5	1.08126



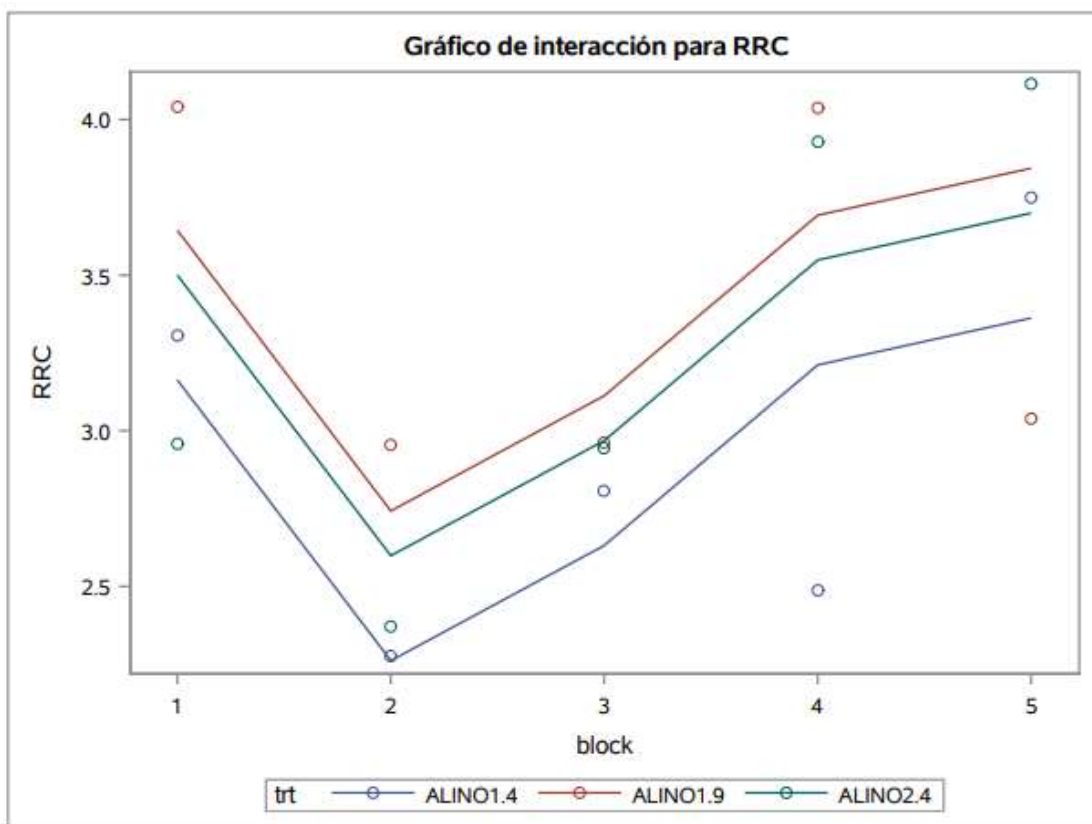
## INDICE DE CASCARA DE HUEVO

Obs	NUMERO	TRT	ICASCARA
1	1	ALINO1.4	7.99922
2	2	ALINO1.4	7.56029
3	3	ALINO1.4	8.65944
4	4	ALINO1.4	7.90858
5	5	ALINO1.4	8.55558
6	6	ALINO1.9	8.67283
7	7	ALINO1.9	8.13261
8	8	ALINO1.9	6.76028
9	9	ALINO1.9	8.66823
10	10	ALINO1.9	8.28032
11	11	ALINO2.4	8.41183
12	12	ALINO2.4	7.58513
13	13	ALINO2.4	7.89124
14	14	ALINO2.4	8.68586
15	15	ALINO2.4	7.94567



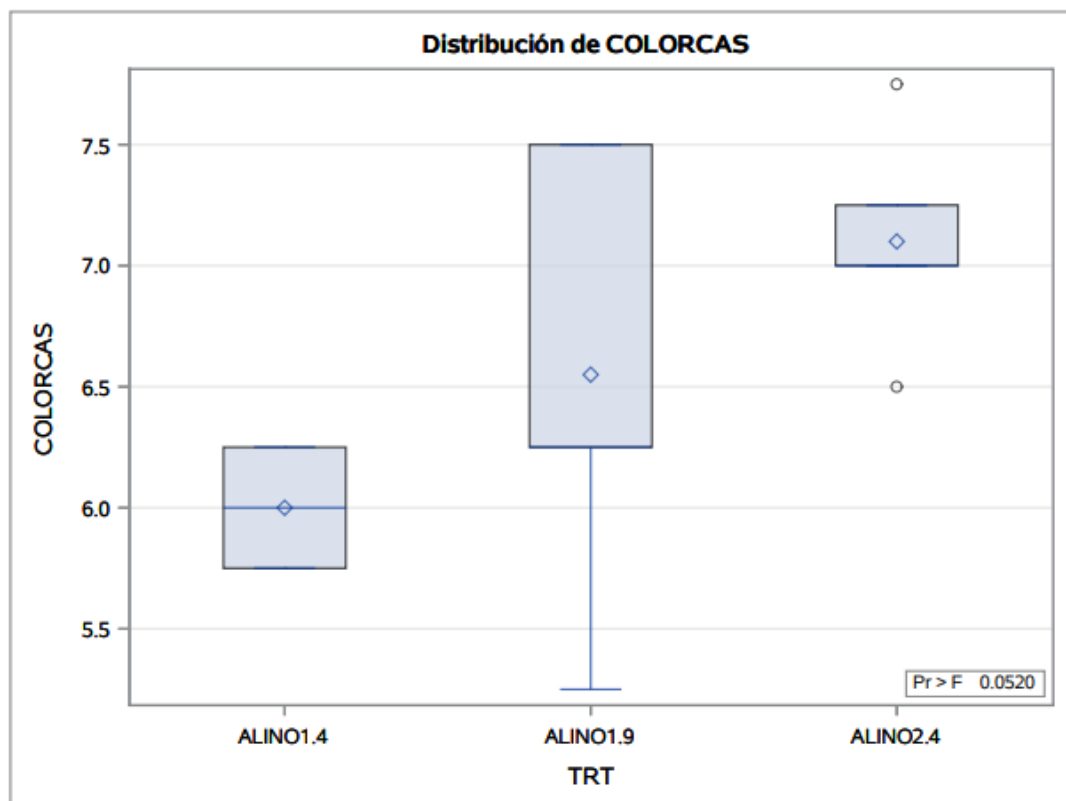
## RESISTENCIA A LA ROTURA DE CASCARA

Obs	trt	block	RRC
1	ALINO1.4	1	3.3075
2	ALINO1.4	2	2.2775
3	ALINO1.4	3	2.8075
4	ALINO1.4	4	2.4875
5	ALINO1.4	5	3.7500
6	ALINO1.9	1	4.0425
7	ALINO1.9	2	2.9550
8	ALINO1.9	3	2.9600
9	ALINO1.9	4	4.0375
10	ALINO1.9	5	3.0400
11	ALINO2.4	1	2.9575
12	ALINO2.4	2	2.3700
13	ALINO2.4	3	2.9450
14	ALINO2.4	4	3.9275
15	ALINO2.4	5	4.1150



## COLOR DE CASCARA

Obs	NUMERO	TRT	COLORCAS
1	1	ALINO1.4	6.00
2	2	ALINO1.4	5.75
3	3	ALINO1.4	5.75
4	4	ALINO1.4	6.25
5	5	ALINO1.4	6.25
6	6	ALINO1.9	5.25
7	7	ALINO1.9	6.25
8	8	ALINO1.9	6.25
9	9	ALINO1.9	7.50
10	10	ALINO1.9	7.50
11	11	ALINO2.4	7.00
12	12	ALINO2.4	6.50
13	13	ALINO2.4	7.25
14	14	ALINO2.4	7.00
15	15	ALINO2.4	7.75



### ANEXO N° 3



Figura 01: Laboratorio de nutrición



Figura 02: Recolección de huevos para laboratorio



Figura 03: Recolección de huevos para obtener su peso



Figura 04: Peso de alimento diario



Figura 05: Rotulación de huevos para laboratorio



Figura 06: Verificación de tubería de agua



Figura 07: Preparación de alimento para la gallina



Figura 08: Datos obtenidos en el laboratorio