



**Nombre de alumnas: Heidi Isabel Trujillo  
Gracia**

**Nombre del profesor: Jhoani Elizabeth  
Pérez López**

**Nombre del trabajo: Avances de tesis**

**Materia: Seminarios de tesis**

**Grado: 8°**

**Grupo: Medicina veterinaria y  
zootecnia.**

Ocosingo, Chiapas 29 de marzo del 2025

# EFFECTOS DE LA ALIMENTACIÓN DE LAS ALGAS VERDES EN LAS AVES DE DOBLE PROPOSITO SASO FRANCES.

## INDICE

Pregunta general de investigación. ....	5
OBJETIVOS .....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos:.....	6
Hipótesis .....	7
Justificación.....	8
Capitulo I. Ubicaciones.....	9
1.1. Ubicación demográfica.....	9
1.2. Distribución geográfica de la espirulina.....	12
1.3. Las algas.....	13
1.4 Clasificación por tipos de pigmentos.....	15
Capitulo II. Antecedentes.....	22
2.1. Historia de la espirulina.....	22
2.2 Historia de la Industria Avícola.....	28
2.3 Historia de los pollos Saso francés.....	30
2.4 Características del pollo saso francés.....	35
2.5 Definiciones Conceptuales.....	37
Capitulo III. Anatomía de las aves y composición del huevo.....	38
1. Regiones.....	38
4.4 Composición del huevo.....	55
Capitulo IV Metodología.....	61
4.1 Tipo de metodología: Diseño experimental.....	61
4.2 Manejo de las aves:.....	61
4.3 Evaluación del crecimiento y recolección de datos: .....	63

4.4	Fotoperiodo: .....	67
4.5	Registro del consumo de alimento y agua. ....	68
4.6	Comportamiento y actividad de las aves. ....	68
4.7	Obtención y procesamiento de la espirulina. ....	69
4.8	Proceso de filtrado: .....	69
4.9	Secado y triturado de la espirulina: .....	70
4.9.1	Almacenamiento y conservación .....	70
4.9.2	Pesaje y preparación de la mezcla.....	71
Capitulo V. Resultado, conclusiones y recomendaciones. ....		73
Anexos .....		74
Bibliografía:.....		76

# INTRODUCCIÓN

La espirulina, un alga con un alto valor nutricional, ha despertado el interés de la comunidad científica por su potencial en la alimentación animal. Aunque se ha estudiado en diversas especies, su aplicación en la crianza de aves aún es un campo poco explorado. En regiones como Ocosingo, Chiapas, donde los costos de insumos son elevados debido a su ubicación remota, encontrar alternativas locales podría representar una solución viable y sostenible para los pequeños productores.

En los últimos años, la búsqueda de alternativas sostenibles en la producción avícola ha cobrado gran relevancia debido a la creciente demanda de alimentos y la necesidad de reducir el impacto ambiental de los sistemas de producción convencionales. La alimentación de las aves es uno de los principales factores que determinan la rentabilidad y viabilidad de esta actividad, por lo que la exploración de nuevos suplementos nutricionales es clave para mejorar la eficiencia productiva sin depender exclusivamente de insumos costosos.

Esta investigación nos permitirá evaluar el efecto de la espirulina extraída de un estanque de tilapia como suplemento en la alimentación de aves de doble propósito, determinando su impacto en el crecimiento, la salud y la productividad de las mismas. A través de esta investigación, se busca generar información que contribuya al desarrollo de sistemas de producción más eficientes, promoviendo la integración de la acuicultura y la avicultura como un modelo de aprovechamiento sostenible de los recursos locales.

El presente estudio está estructurado en varios capítulos que abarcan desde el contexto teórico hasta la aplicación práctica de la investigación. En el capítulo I apartado se abordará la ubicación geográfica y temas de interés acerca de las algas verdes, la espirulina y las propiedades nutricionales. En el capítulo IV se detallará la metodología empleada para la extracción, procesamiento y administración del suplemento, así como el diseño experimental para evaluar su impacto en las aves. Finalmente, se presentarán y analizarán los resultados obtenidos, proporcionando conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

Finalmente, esta investigación, se espera aportar conocimientos valiosos para la producción avícola en Ocosingo y otras regiones con características similares, incentivando el uso de estrategias innovadoras que favorezcan la auto sustentabilidad y la reducción del impacto ambiental en la producción de alimentos.

## **Pregunta general de investigación.**

¿El uso de algas verdes como suplemento alimenticio en aves de doble propósito influye significativamente en sus parámetros productivos?

# **OBJETIVOS**

## **Objetivo general.**

Evaluar los efectos del uso de diferentes concentraciones de algas verdes deshidratadas como suplemento alimenticio en la dieta de aves saso francés, determinando su impacto en la reproducción y crecimiento.

## **Objetivos específicos:**

- Desarrollar un análisis estadístico de 2 tratamientos, 1er grupo al 5% de espirulina, 2do grupo testigo no lleva espirulina (alimento convencional).
- Evaluar la respuesta de los 2 grupos de las aves frente al suplemento de algas de espirulina.
- Evaluar características de la carne, índice de mortalidad, efectos fisiológicos y calidad del huevo.
- Evaluar el grado de mortalidad de los grupos de las aves al emplear la espirulina.

## **Hipótesis**

En la avicultura generalmente nutren a los animales con alimentos convencionales, al hacer uso del alga verde espirulina como suplemento alimenticio para las gallinas de doble propósito beneficia la nutrición y programas de dieta, tiene múltiples posibilidades que pueden llegar a parámetros positivos y significativos, dentro de ellos se pueden encontrar:

- Mejoramiento del peso, tasa de crecimiento, características físicas y fisiológicas.
- Producción y calidad del huevo.
- Eficiencia de la alimentación.
- Reducción de estrés y mortalidad.



## **Justificación.**

En Ocosingo, Chiapas, la producción avícola enfrenta altos costos debido a la lejanía de la región, lo que eleva el precio de insumos como maíz y soya. Es necesario buscar alternativas accesibles que reduzcan la dependencia de estos insumos, sin comprometer la calidad de la producción; Una opción prometedora es la espirulina, un alga nutritiva que, aunque considerada un desecho en los estanques de tilapia, podría aprovecharse como suplemento para las aves. Su uso reduciría los costos de alimentación y optimizaría el manejo acuícola al transformar un problema en un recurso útil. Esto beneficiaría tanto a productores de tilapia como a los avicultores, creando un sistema más eficiente y autosustentable.

Este estudio es crucial porque es necesario evaluar el efecto de la espirulina en las gallinas de doble propósito antes de adoptarla como fuente proteica. Con esta evaluación se podrá garantizar su efectividad y seguridad. Además, esta investigación fomenta un modelo de producción que integra acuicultura y avicultura, ayudando a reducir la dependencia de insumos externos y fortaleciendo la economía local.

Finalmente, Ocosingo es una región rica en biodiversidad, por lo que desarrollar sistemas productivos con bajo impacto ambiental es esencial. Este proyecto no solo busca mejorar la producción avícola, sino también contribuir a la conservación del medio ambiente, mostrando que la innovación puede beneficiar tanto a la economía como al ecosistema.

## Capítulo I. Ubicaciones

### 1.1. Ubicación demográfica.



Imagen 1.1 ubicación Chiapas.

Chiapas es una de las 32 entidades federativas del estado de la República Mexicana, se encuentra en la región sureste del país en la frontera con Guatemala, limitado al norte por Veracruz y Tabasco, al Oeste con Oaxaca y al Sur por el Océano Pacífico. (Portal de Gobierno, s. f.). El estado alberga una de las mayores riquezas ecológicas del país, como bosques tropicales, selvas, montañas y humedales, es hogar de una gran variedad de especie animal y vegetal, algunas de ellas endémicas y en peligro de extinción como el jaguar y el quetzal.

Su posición geográfica la convierte en uno de los estados más importantes de la región debido a su gran diversidad de recursos naturales, culturales y étnicas; es uno de los estados con mayor presencia indígena en México, hay una gran variedad de grupos étnicos, como los tzotziles, tzeltales, choles y mames, cada

uno con su propio idioma, costumbres, vestimentas y tradiciones, esta diversidad cultural se refleja en sus festividades y formas de vida, cuenta con diversos paisajes que van desde costas en el pacífico, altas montañas y mesetas, hasta profundos cañones y vastas selvas tropicales, el clima varía desde tropical hasta templado, además de su biodiversidad Chiapas cuenta con una amplia gama de recursos naturales, incluyendo aguas termales, minerales, petróleo, maderas y productos agrícolas como café, cacao, y maíz.



**Imagen 1.2. Ubicación de Ocosingo**

Chiapas cuenta con 125 municipios dentro de los cuales Ocosingo ocupa el número 59, al sureste del estado, su ubicación en la región de la selva lacandona lo convierte en uno de los municipios más grandes de México; se encuentra en la región de los altos de Chiapas, rodeado de montañas y vegetación exuberante que caracteriza la zona, su territorio es principalmente montañoso lo que le proporciona un clima fresco y agrádale, debido a esto Ocosingo juega un papel importante en la agricultura chiapaneca, destacándose en la producción de café, maíz y caña de azúcar, además la riqueza cultural del municipio es influenciada por la población de Ocosingo tiene una fuerte herencia cultural, por comunidades indígenas lo que se refleja en sus tradiciones, festividades y en la lengua tzeltal que es hablada por muchos de sus habitantes.



**Imagen 1.3 Ubicación rancho santa cruz**

Dentro de Ocosingo Chiapas, podemos encontrar el rancho santa cruz, situado rumbo a la carretera que lleva a Getsemaní a 2 km del rancho Najchacal a 20 minutos del centro de Ocosingo, para poder acceder a este rancho se toma la carretera hacia palenque donde se encuentra un desvío de terracería que lleva a la comunidad de Getsemaní. Este rancho se dedica a criar tilapias y comercializarlas preparadas al gusto para el consumo humano.

El rancho cuenta con paisajes naturales, donde se puede uno encontrar con la tranquilidad del campo y tiene acceso a un río que colinda con la carretera a Sibaca, este se puede convertir en un lugar ideal para quienes buscan el contacto directo con la naturaleza y un estilo de vida rural.

## 1.2. Distribución geográfica de la espirulina.

La espirulina es un alga que se encuentra en diversos hábitats acuáticos alrededor del mundo. Su distribución geográfica es cosmopolita, encontrándose en lugares como Europa, Asia, África y América. Además de su presencia natural, la espirulina se cultiva comercialmente en diversos países como Estados Unidos, Cuba, Tailandia, India, Taiwán, China, Bangladesh, Pakistán, Birmania, Grecia, Italia, Francia, Chile y Australia, aprovechando su alto valor nutricional y adaptabilidad en su aplicación alimentaria y de salud. Esta microalga suele prosperar en ambientes alcalinos de agua dulce y marinos, con un rango de pH de 9 a 11, y en climas templados que varían entre 25 a 40°C, específicamente se encuentra en África, Asia y América del Sur, habitando lagos tropicales y subtropicales como el lago Texcoco en México, el lago Chad en África y el lago Chenghai en China. (Romero & Vega, 2023) (Ecosostenible, 2023).

En la actualidad esta alga es ampliamente adaptable capaz de crecer en diversos hábitats acuáticos y terrestres, puede ser encontrada en los lagos poco profundos con aguas ligeramente salinas, alcalinas y ricas en minerales, en corrientes de aguas dulces, donde se han identificado diversas especies en pantanos y humedales en el que puede desarrollarse en tierra o agua, aguas salobres y marinas, donde se ha encontrado en estuarios y estanques de peces, suelos arenosos y terrenos áridos donde el alga puede sobrevivir en condiciones extremas; la capacidad de esta alga para adaptarse a entornos muy diferentes se debe a su versatilidad y resistencia. Puede crecer en una amplia gama de temperaturas, pH y niveles de salinidad, lo que le permite colonizar una variedad de ecosistemas. Además, es capaz de sobrevivir en condiciones de sequía y desecación, lo que le permite sobrevivir en entornos áridos y semiáridos, esta

capacidad de adaptación le ha permitido a la espirulina convertirse en una de las algas más distribuidas y versátiles del planeta.

### **1.3. Las algas.**

Las algas han surgido como una fuente de alimentos prometedora debido a sus ingredientes de alto valor, como las proteínas, así como por su sostenibilidad ambiental y abundancia. Las algas son un grupo diverso de eucariotas fotosintéticos, abarcan tanto las microalgas, que son microscópicas y unicelulares, como las macroalgas complejas, que se conocen comúnmente como algas marinas estas han ganado atención como una posible solución a la creciente demanda debido a sus ventajas de sostenibilidad, excelente perfil nutricional y oportunidades en aplicaciones alimentarias, así como nutracéuticos en comparación con la mayoría de las plantas terrestres, las algas tienen una mayor tasa de crecimiento, productividad y rendimiento proteico, lo que las convierte en una fuente de proteína más sostenible.

El cultivo de algas es eficiente en el uso de recursos en el ya sobrecargado sistema agroalimentario, ya que no compite con las fuentes de alimentos tradicionales por agua potable y tierra cultivable. Las algas se puede producir en una amplia gama de entornos, desde océanos y lagos hasta fotobiorreactores controlados, ya sea fotoautotróficamente neutrales en carbono o heterotróficamente utilizando fuentes mínimas de carbono, esto hace que el cultivo de algas contribuya a una menor huella ambiental en comparación con las fuentes de proteínas convencionales. (Wu et al., 2023).

Debido a la alta adaptabilidad geográfica de la espirulina, se emplea como un suplemento alimenticio en humanos y distintos animales, en la industria de

alimentos se ha explorado diversos tipos de algas las cuales pueden ser útiles para el consumo humano o incluso para piensos de animales de granja; es fundamental resaltar que, en la comercialización de los productos y derivados de algas marinas, es necesario observar como son los hábitos actuales en relación a temas nutricionales y la influencia del consumo de las algas en la industrialización. Entre las diversas algas comestibles, se puede considerar que la espirulina es una microalga que contiene un alto contenido proteico, es de fácil crecimiento con costos mínimos, permite cumplir con el requerimiento necesario para generar un mejor desarrollo en aves, por lo que se considera un buen aditivo; por esta razón en la actualidad existe un interés especial por el uso de la epirulina con la finalidad de promover un nuevo consumo, y así una nueva alternativa de alimentación.

A pesar de la diversidad y la variedad no todas las algas son comestibles porque tienen propiedades y concentraciones de sustancias químicas que varían entre especies, la razón por la que se puede hacer uso de las algas comestibles es porque son una fuente de proteínas, vitaminas y minerales contienen aminoácidos esenciales, bajas en calorías y grasas, ricas en fibra, contienen antioxidantes y son una fuente de ácidos grasos omega-3, las algas han sido cosechadas y consumidas por las poblaciones costeras durante siglos, desde tiempos prehistóricos, la larga tradición de su consumo ha sido revisada en otros lugares destacando su importancia como parte integral de las dietas tradicionales y las prácticas culinarias, particularmente en las culturas latinoamericanas y asiáticas.

Las algas se pueden dividir en dos grupos: las microalgas, que corresponde a las algas microscópicas y las macroalgas que son todas aquellas que se pueden diferenciar a simple vista, sin la necesidad de utilizar un microscopio, como por

ejemplo la lechuga de mar. Las macroalgas pueden clasificarse en grupos en función de sus pigmentos: algas verdes (Clorofitas), pardas (feofitas) y rojas (rodófitas) y cianofíceas (Verde-azuladas).

#### 1.4 Clasificación por tipos de pigmentos.

##### A. Algas verdes (Clorofíceas):



**Imagen 1. 4 algas verdes**

Las algas verdes están compuestas por clorofila a y b, lo que les otorga su característico color verde, estos pigmentos son similares a los de las plantas terrestres, la mayoría de estas algas son unicelulares o coloniales y constituyen una parte importante del planct\*on de los hábitats de agua dulce, son algas que han colonizado todos los ambientes encontrándose el 90% de las especies en agua dulce y el 10% restante en aguas marinas (Garrido y Parada, 2008).



Las algas verdes están compuestas por las siguientes características:

- La principal y más distintiva como se menciona anteriormente es que presenta clorofila de tipo a y b en su estructura, estos dos pigmentos le atribuye el color verde, aunque algunas de ellas pueden tener otro tipo de pigmento.
- Debido a la clorofila pueden realizar la fotosíntesis, que les permite extraer energía bioquímica de la luz solar y el agua.
- La mayoría de estas algas son de agua dulce, tanto si se trata de algas verdes unicelulares como pluricelulares, el hábitat de las algas verdes suele consistir en zonas terrestres con mucha humedad y a cubierto del sol directo, así como rocas, árboles o incluso bancos de nieve y, a veces, también están en asociación simbiótica, dando lugar a líquenes.
- En las distintas formas de reproducción de las algas verdes, se puede encontrar cuatro tipos: hologamia, conjugación, planogamia y oogamia.  
(Acosta, 2020)

Importancia:

- Desempeñaron un papel importante en la evolución de los organismos vegetales, dominando primero los medios acuáticos para posteriormente dar paso al desarrollo de las plantas terrestres.
- Forman parte de la base de la cadena alimentaria en los ecosistemas acuáticos y algunos terrestres y son productoras de oxígeno mediante la fotosíntesis.
- En la actualidad son usadas por la industria farmacéutica y alimentaria las cuales suelen cultivarlas y usarlas tanto por sus propiedades medicinales como nutritivas y se consideran aditivos con un impacto muy beneficioso en la salud humana y animal.

Reproducción de las algas verdes:

- Hologamia: Este mecanismo se observa principalmente en algas verdes unicelulares, en el que toda la célula actúa como gameto. La fusión de dos células morfológica y fisiológicamente equivalentes da lugar a la formación del cigoto.
- Conjugación: Característica de algas filamentosas, este proceso implica la disposición de dos filamentos en paralelo, desempeñando uno el rol masculino y el otro el femenino. A través de puentes citoplasmáticos denominados tubos de conjugación, el contenido celular del filamento masculino migra hacia el femenino, dando origen a una zigospora.
- Planogamia: En este tipo de reproducción, los gametos son móviles debido a la presencia de flagelos, lo que permite su desplazamiento en el medio acuático para la fusión.
- Oogamia: Se trata de una forma avanzada de reproducción en la que el gameto femenino es voluminoso e inmóvil, mientras que el masculino es flagelado y móvil, facilitando la fecundación.

**B. Pardas (Feofíceas ):**



**Imagen 1. 4 algas pardas**

Se puede considerar que este tipo de alga es casi exclusivamente marina ya que se conocen escasas especies de aguas dulces, morfológicamente son variadas,

no obstante todas son pluricelulares, no existiendo organismos unicelulares en este grupo, son de hábitos epífitos y las más complejas son de hábitos bentónicos y pueden llegar hasta cerca de los 60 m de largo, además de poseer clorofila a, presentan también clorofila c2, y entre los pigmentos accesorios, el más común es el beta - caroteno, en tanto que, entre las xantofilas, la más frecuente es la fucoxantina. (Mansilla, 2004).

Hay alrededor de 2000 especies de algas pardas (Phaeophyceae), la mayoría de ellas marinas, en general, estas algas tienden a ser más grandes y abundan en aguas frías, sin embargo, casi toda la biomasa mundial se concentra en unas pocas especies pertenecientes a los órdenes Laminariales y Fucales.

Las algas pardas constan de las principales características:

- Su color va desde el verde oliva hasta varios tonos de marrón.
- El color color pardo característico se debe a la **fucoxantina**, un pigmento que enmascara la clorofila a y c.
- Poseen carotenoides y clorofilas, lo que les permite captar luz a distintas profundidades del océano.
- Son autótrofas fotosintéticas, almacenan la energía en forma de laminaria y manitol, en lugar de almidón, de igual forma fijan el carbono y producen oxígeno.
- Pueden reproducirse de forma asexual o sexual.
- Forman bosques de algas en costas rocosas, proporcionando refugio y alimento a muchas especies marinas.
- Pueden ser microscópicas o macroscópicas.

### C. Rojas (rodófitas):



**Imagen 1. 4 algas rojas**

Las algas rojas, o Rhodophyta, son un grupo único de algas eucariotas que incluye entre 5000 y 6000 especies, la mayoría de ellas marinas y multicelulares. Lo que las hace diferentes de otros linajes de eucariotas es una combinación particular de características bioquímicas y estructurales, algunas de las cuales comparten con Glaucophyta y Cyanobacteria. Una de sus particularidades es que sus plástidos no tienen pigmentos accesorios de clorofila. En su lugar, utilizan unas proteínas llamadas ficobiliproteínas, como la ficocianina y la aloficocianina, para captar la luz y llevar la energía al centro de reacción de la fotosíntesis.

Algunas de las características de las algas rojas son:

- El color pardo rojizo es por la existencia de biliproteínas ficoritrina y ficocianina principalmente que contribuyen a enmascarar el color verde de la clorofila, carecen de clorofila B.
- Tienen clorofila a y d, además de pigmentos accesorios como ficobilinas y carotenoides.
- Pueden vivir en todo tipo de mares, desde zonas intermareales hasta zonas muy profundas.

- Se reproducen tanto sexual como asexualmente, en la reproducción asexual puede ocurrir a través de la producción de esporas y por medios vegetativos.
- Comúnmente no se encuentran en forma unicelular, pero abundan las pluricelulares. (Luis, 2014)
- Se reproducen de forma sexual.
- El alga roja se caracteriza por su forma ramificada, con estructuras similares a hojas o plumas, dependiendo de la especie su tamaño suele variar de unos centímetros hasta varios metros de longitud. (Brenes, 2023)
- Poseen un ciclo de vida haplodiplóntico trifásico isomórfico, es característico de algas rojas como el pelillo y las lugas.

Cianofíceas (Verde-azuladas):



**Imagen 1.5 Cianobacterias verde-azuladas.**

Estas no se consideran algas como tal, son conocidas como cianobacterias, son un grupo de bacterias gramnegativas autótrofas de la clase cyanobacteriota que suele obtener energía biológica mediante la fotosíntesis oxigénica. Son

organismos microscópicos que contienen clorofila, lo que les permite realizar la fotosíntesis, habitan de forma natural en aguas dulces, costeras y marinas y, al igual que las plantas, requieren luz solar, nutrientes y dióxido de carbono para crecer y reproducirse, en la temporada de floración, el agua se vuelve menos clara y puede adquirir un color verde, azul verdoso o marrón verdoso. Se pueden formar espumas a lo largo de las orillas cuando las especies que forman la floración suben a la superficie.

Algunas de las características que pueden tener estas algas son las siguientes:

- Son organismos procariotas.
- Son capaces de vivir solitarias o en colonias filamentosas.
- Son capaces de formar costras viscosas, cintas o cojines.
- Son ricas en proteínas, hierro y otros minerales.
- Requieren luz solar, nutrientes y dióxido de carbono para crecer y reproducirse.
- Prefieren climas cálidos, tranquilos y soleados, y temperaturas del agua superiores a 24 °C.
- Suelen florecer durante el verano y principios del otoño.
- Se encuentran en aguas dulces, saladas, salobres y zonas de mezcla de estuarios. (Cianobacterias y Floraciones Algales, recuperado 2025.)

Las algas verdeazuladas pueden:

- Hacer que el agua se vea turbia con un tinte verde.
- Producir espuma verde espesa que llegue a la orilla.
- Afectar el sabor y el olor de un suministro de agua.

El uso de cianobacterias, como la *Spirulina platensis*, en la alimentación de pollos de doble propósito Sasso Francés es una estrategia innovadora para mejorar el rendimiento productivo y la calidad nutricional de la carne y los huevos. Estas

microalgas poseen un alto contenido de proteínas (alrededor del 60-70%), aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas (especialmente B12 y  $\beta$ -carotenos), minerales y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes e inmunoestimulantes.

Incorporar cianobacterias en la dieta de los pollos Sasso Francés puede aportar múltiples beneficios, tales como:

- Mejora del crecimiento y conversión alimenticia: Su alto contenido proteico favorece el desarrollo muscular y mejora la eficiencia alimenticia.
- Fortalecimiento del sistema inmunológico: La presencia de antioxidantes y pigmentos naturales ayuda a reducir el estrés oxidativo y mejora la resistencia a enfermedades.
- Mejor calidad de carne y huevos: El aporte de ácidos grasos esenciales y pigmentos naturales puede mejorar el color y la calidad nutricional de los productos avícolas.
- Alternativa a fuentes proteicas convencionales: Su uso puede reducir la dependencia de harina de soya o de pescado, contribuyendo a la sostenibilidad de la producción avícola.
- Impacto positivo en la salud intestinal: Favorece el equilibrio de la microbiota intestinal, lo que mejora la absorción de nutrientes y reduce la incidencia de enfermedades digestivas.

El uso de cianobacterias en la alimentación avícola representa una alternativa natural, sostenible y eficiente para optimizar la producción de los pollos Sasso Francés, asegurando carne y huevos de mejor calidad, con beneficios tanto para los productores como para los consumidores.

## **Capítulo II. Antecedentes.**

### **2.1. Historia de la espirulina.**

Los aztecas conocían a la espirulina con el nombre de “Tecuitlatl”, que tiene como significado “excremento de las piedras” en náhuatl y fue de gran intriga para los

colonizadores españoles cuando llegaron a la Nueva España hace más de 500 años, en la antigua Tenochtitlán, los aztecas recolectaban del Lago de Texcoco una espesa lama verde que parecía surgir de las piedras y flotaba en las aguas oscuras. Durante ciertas épocas del año, llevaban a cabo un proceso de cosecha extrayéndola con unas mallas finas y luego la extendían formando una capa gruesa sobre la orilla del lago hasta que se secaba completamente, para preservarla. Esta alga era completamente fundamental ya que la utilizaban en su alimentación, combinándola con maíz, frijoles, chiles y mole, o mezclándola con la masa de las tortillas, para mejorar su valor nutricional. Su demanda era tan alta que no solo se comercializaba en los mercados locales, sino que también se transportaba en largos viajes fuera de la ciudad. Es fascinante como los aztecas, con su profundo conocimiento de la naturaleza, lograron aprovechar los recursos de su entorno para obtener alimentos altamente nutritivos.

El Tecuitlatl era un ingrediente con un sabor salado, comúnmente se describía como similar al queso, además de ser delicioso y nutritivo como complemento alimenticio para los nativos, formaba parte de su dieta cotidiana. Sin embargo, los conquistadores españoles no lo aceptaron, pues su apariencia les resultaba poco atractiva y no lo consideraban una opción viable dentro de su concepto de alimentación. Por lo que muchas de las costumbres de los indígenas terminaron modificando el Tecuitlatl por otros alimentos considerados más civilizados. Este cambio no solo afectó la alimentación, sino que también tuvo un impacto significativo en el entorno natural. Con la llegada de la Corona Española a la Nueva España provocó cambios significativos en los ecosistemas que no se consideraban adecuados para la arquitectura colonial. Un ejemplo de ello fue el drenaje del Lago de Texcoco. Con el tiempo, factores como la disminución de la población indígena y la inevitable pérdida de parte de la cultura y las tradiciones de México prehispánico contribuyeron a que el Tecuitlatl desapareciera casi por completo, quedando en el olvido durante siglos (DeRenzo, 2021; Farrar, 1966).

Hasta la década de 1960 México redescubrió en unos estanques de evaporación que quedaban del lago de Texcoco, la misma lama que siglos atrás habían sido



abundado en la cuenta más importante del valle de México. Cuando la empresa Sosa Texcoco notó que una sustancia color verde interfería con su trabajo, nadie imaginaba que se trataba del antiguo Tecuitlatl. Durante los años de la conquista, los colonizadores tenían dificultades para la identificar exactamente que era el Tecuitlatl. En aquellas épocas, el desconocimiento sobre el mundo microbiano impedía a los españoles comprender su verdadera naturaleza, sin embargo, en 1960 la situación fue distinta. Un equipo de investigadores franceses correspondientes al Institute Francaise du Pétrole, se dedicaron a estudiar lo encontrado por la empresa Sosa Texcoco, identificándolo y determinando que se trataba de Spirulina, una cianobacteria con un alto valor nutricional, lo cual ya había sido identificado en algunas regiones de África, donde su consumo era similar al que realizaron los aztecas (DeRenzo, 2021).

La identificación de la Spirulina en el lago de Texcoco llevo el desarrollo de estudios enfocados a su cultivo a gran escala. En México, este proceso fue impulsado de manera significativa principalmente por la misma empresa Sosa Texcoco, quienes llegaron a alcanzar una eficiente producción, alcanzando niveles de hasta 500 toneladas al año de biomasa seca. Tras la segunda guerra mundial, empezó a considerarse la biomasa microalga, como un suplemento nutricional de gran relevancia e incluso empezaron a considerarlo como una posible alternativa a las proteínas de origen animales o vegetales tradicionales, tanto para la alimentación humana como para el ganado, aun sabiendo que la ganadería requiere de grandes cantidades de recursos para su producción de proteínas. Uno de los aspectos más innovadores de este enfoque fue el reconocimiento de su eficiencia dentro de la cadena alimenticia proteica. El estudio y aprovechamiento de la spirulina demuestra como la combinación de conocimientos ancestrales con avances científicos puede dar lugar a soluciones innovadoras para enfrentar desafíos nutricionales y ecológicas a nivel global.

La Spirulina es un tipo de microorganismo perteneciente al filo de la cianobacterias, un grupo de organismos unicelulares comúnmente conocidos como “algas verdes-azules” debido a su característico color, resultado de la

presencia de pigmentos como la clorofila y la ficocianina. Este grupo contiene más de 270 géneros de procariotas fotosintéticos de tipo gran negativo, lo cual desempeña un papel fundamental para los ecosistemas acuáticos. Su importancia ecológica radica en que suelen ser la base de la cadena trófica al actuar como productores primarios, proporcionando energía y materia orgánica a otros organismos. Además, algunos tipos de cianobacterias tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, permitiendo transformarlos en formas más accesibles para que otros seres vivos, como plantas y animales, lo que contribuye al equilibrio de los ciclos biogeoquímicos y al enriquecimiento de los ecosistemas acuáticos y terrestres.

La habilidad que presenta la cianobacteria para adaptarse a diversas condiciones ambientales, lo que las convierte en algunos de los microorganismos más antiguos e importantes del planeta, pueden vivir en un amplio rango de temperatura que van de 20 a 40 °C y en niveles de salinidad entre 20 a 35 ppm<sup>1</sup>. Además, son capaces de aprovechar la luz de manera eficiente incluso en entornos acuáticos con poca iluminación, soportando altos niveles de radiación UV<sup>2</sup> y forman vacuolas de gas que les ayuda a regular su flotabilidad. Estas cianobacterias suelen tener múltiples vacuolas de gas que les permite flotar, lo cual son clasificadas como organismos planctónicos. Sin embargo, también existen especies bentónicas, es decir, aquellas que se encuentran adheridas al suelo marino.

Estudios anteriores demostraron que la *Spirulina* encontrada en el lago de Texcoco, en México y en el lago de Chad, en África, en realidad es perteneciente al género *Arthrospira*, una cianobacteria acuática. Es distinguida por formar filamentos multicelulares segmentados, conocidos como tricomas. El tamaño de estos filamentos varía según la especie y las condiciones en las que se cultiva, pero por lo general miden entre 50 y 55 mm de largo y de 2.5 a 16 mm de ancho. Este descubrimiento no solo ha permitido una mejor clasificación de estos

---

<sup>1</sup> Ppm: partes por millón

<sup>2</sup> UV: ultravioleta

microorganismos, sino que también resalta la importancia de continuar con estudios taxonómicos para comprender mejor sus características. La identificación de *Arthrospira* es fundamental, ya que su alto valor nutricional y su uso potencial en la alimentación la convierte en un recurso valioso.

Las cianobacterias responsables de la formación del Tecuitlatl fueron inicialmente llamadas *Spirulina* por sus características formadas de filamentos en espiral. Hasta 1989, solo se reconocía el género *Spirulina*, pero luego se dividió y dio origen al género *Arthrospira*. Sin embargo, de manera inesperado, el término “*Spirulina*” o en su versión español “*espirulina*”, sigue utilizándose como nombre común, lo que genera mucha confusión. Sin embargo, estudios recientes han llevado a su reclasificado dentro del género *Arthrospira*, destacando las especies *A. máxima*, *A. Fusiformis* y *A. Platensis*. Existen otras especies no tan conocidas, como *A. Jenneri* y *A. Indica*, que aún no han sido cultivado a nivel industrial. Aunque en la actualidad estos microorganismos se comercializaron industrialmente bajo el nombre de *Spirulina*, es fundamental utilizar su clasificación taxonómica correcta para evitar confusiones.

El género *Arthrospira maxima* es una cianobacteria que en los tiempos antiguos fue conocida como Tecuitlatl y es aquella que fue identificada en los estanques de la empresa de Sosa Texcoco. En el lago de Texcoco presentaba un entorno altamente salino, resultado de la poca profundidad del cuerpo de agua y la acumulación de minerales en sus suelos. Esta característica lo diferenciaban de otras lagunas de la región de México, permitiendo el desarrollo de organismos capaces de adaptarse a condiciones ambientales extremas. Este entorno, junto con factores como la temperatura, el pH, la alta irradiación solar y los niveles de CO<sub>2</sub>, crearon las condiciones ideales para el desarrollo de *A. maxima*, convirtiéndolo en su hábitat natural. Por lo cual se debe de valorar la naturaleza ya que pudo lograr crear ecosistemas únicos, donde ciertas especies pueden ser prosperados.

La *espirulina* (*Arthrospira*) destaca por su extraordinario perfil nutricional, ya que aporta macro y micronutrientes esenciales para una alimentación equilibrada.

Además, es una fuente rica en proteínas (50-70%) y contiene todos los aminoácidos esenciales. Estas propiedades hacen que la espirulina tenga una calidad y disponibilidad de proteínas superiores a los de origen vegetal y comparables a las de origen animal. También posee diversos pigmentos con propiedades antioxidantes, entre ellos la ficocianina (20%), la clorofila-A y otros como la mixoxantofila y la zeaxantina, esto hace que lede el color verde-azul característico de la Spirulina. En cuanto a su contenido lípido (5-7%), es una fuente rica en ácidos grasos poliinsaturados de la familia omega-6 y omega-3, incluyendo el ácido gamma-linoleico y el ácido linolénico.

Además, la espirulina tiene un alto contenido de vitaminas, como las provitaminas A (principalmente B-caroteno), la vitamina C y la vitamina E, así como una variedad de minerales, entre ellos hierro, calcio, cromo, cobre, magnesio, manganeso, fosforo, potasio, sodio y zinc. En cuanto a su contenido vitamínico, la cantidad de vitamina E en la espirulina varía entre 50 y 190 mg/kg de peso seco, mientras que las vitaminas del complejo B oscilan entre 30 y 50 mg/kg. La vitamina C está presente en una proporción de 0.011 mg por mg de peso seco, y el B-caroteno, conocido como provitamina A, se encuentra en concentraciones de 700 a 1,700 mg/kg.

Las células de la espirulina están rodeadas por una membrana celular delicada, lo que permite que sus nutrientes esenciales, como proteínas, ácidos grasos, vitaminas, minerales y antioxidantes, sean fácilmente absorbidos por el organismo al ser consumidos. Gracias a estas características, su aprovechamiento nutricional es altamente eficiente. Además, diversos estudios han confirmado que su consumo no genera efectos tóxicos ni en seres humanos ni en animales, incluso con un uso prolongado. Por estas razones, debido a sus múltiples beneficios y a la ausencia de riesgos asociados a su ingesta, organismos encargados de la regulación de aditivos alimentarios a nivel internacional, han otorgado a la espirulina la clasificación de alimentos generalmente reconocido como seguro (GRAS), lo que respalda su seguridad y viabilidad para el consumo regular en diversas aplicaciones alimenticias.

La espirulina también ha sido utilizada como alimento completo y suplemento en animales, sobre todo en la acuicultura para peces, moluscos y crustáceos. Además de proveer una buena alimentación a bajo costo, ayuda a que los cultivos mantengan una buena coloración y aumenten sus tasas de crecimiento, supervivencia y fertilidad respecto al uso de otro tipo de alimentos (Habib et al., 2008; Gómez, 2020).

Diversas investigaciones han explorado el uso de la espirulina como una opción alternativa en la alimentación de animales, incluyendo su aplicación en la acuicultura. Estos estudios han analizado sus beneficios nutricionales, su impacto en el crecimiento y desarrollo de distintas especies, así como su potencial para mejorar la calidad de la alimentación en comparación con otros insumos tradicionales. Esta puede administrarse en un porcentaje de hasta el 10% en aves de corral, menos del 4% para las codornices, en cerdos y conejos se puede emplear hasta un 10%, en el ganado se usa hasta el 20%, resultando un aumento de la producción de leche y el peso, y en acuicultura puede llegar a emplearse hasta un 2% de esta alga.

## **2.2 Historia de la Industria Avícola**

De forma en que esta parte se llega a contemplar es demasiado exorbitante y con un despliegue totalmente inalcanzable, las aves han sido domesticadas hace ya varios miles de años. Evidencias arqueológicas sugieren que las gallinas domesticas existen en china desde hace 8000 años y que luego se extendieron hacia la Europa occidental a través de Rusia. Además de ello llegó a ser un punto clave dentro de la exportación hacia los diferentes puntos en cuanto países que se centran en los continentes asiáticos, ya que, estos se extendieron por medio de la india hace aproximadamente unos 3000 años, ya que estos dan un origen por el arraigo ancestral.

Posterior a esto, en cuanto la llegada a nuestro país se extiende en dos teorías:

- La primera es implementada por una investigación de la Universidad de Auckland, estos investigadores, dieron a conocer su teoría a través del estudio

del carbono de 14 huesos de aves de los años 1321 a 1407, en los resultados encontrados, el ADN de estos ejemplares era iguales a los de los pollos de las Islas de Tonga y Samoa (Auckland, 2020).

- La segunda teoría que aún no ha sido del todo comprendida y con respaldo es que tanto las gallinas como los gallos fueron traídos a América por los españoles en los primeros años después del descubrimiento y que hoy se considera el día de la raza que es el 12 de Octubre de 1492 (Ocueva, 2019).

En cuanto a la importancia de estos en el ámbito de la industria Avícola tenemos lo siguiente:

Normalmente ¿Conocemos el estado Actual de la Producción Avícola?

Espectacularmente todo el movimiento de la industria avícola ha crecido de manera brusca y sin medida, hoy en día los productos derivados de la avicultura suponen una fuente de proteína indispensable para la sociedad mexicana actual; en la imagen No. 1 podemos observar la tabla del consumo en México desde enero del 2023 al enero de 2025 y el pronóstico de su consumo.

Table 1: Chicken Meat – Production, Supply, and Distribution (PSD)						
Meat, Chicken	2023		2024		2025	
	Jan 2023		Jan 2024		Jan 2025	
	USDA Official	New Post	USDA Official	New Post	USDA Official	New Post
Market Year Begins						
Mexico						
Beginning Stocks (1000 MT)	0	0	0	0	0	0
Production (1000 MT)	3,888	3,888	4,000	3,985	0	4,085
Total Imports (1000 MT)	1,006	1,006	960	960	0	970
Total Supply (1000 MT)	4,894	4,894	4,960	4,945	0	5,055
Total Exports (1000 MT)	-4	-4	-4	-4	0	5
Human Consumption (1000 MT)	4,890	4,890	4,956	4,941	0	5,050
Other Use, Losses (1000 MT)	0	0	0	0	0	0
Total Dom. Consumption (1000 MT)	4,890	4,890	4,956	4,941	0	5,050
Total Use (1000 MT)	4,894	4,894	4,960	4,945	0	5,055
Ending Stocks (1000 MT)	0	0	0	0	0	0
Total Distribution (1000 MT)	4,894	4,894	4,960	4,945	0	5,055

(1000 MT)  
 OFFICIAL DATA CAN BE ACCESSED AT: [PSD Online Advanced Query](#)  
 Note: Not official USDA data.

**Imagen 1. Tabla de Registro 2023-2025 (Avicola)**

En la imagen podemos observar que gran parte de la producción avícola en México está en incremento, sin embargo, estas notas nos dan una muy grande señal que México ha avanzado mucho en cuanto a técnicas y mayor manejo de

las aves de corral, en este caso siendo razas de engorda y de doble propósito como la fuente principal de este sistema burocrático.

La industria avícola mexicana es la actividad pecuaria más dinámica del país y uno de los sectores estratégicos para la alimentación en México.

En el 2021, la participación porcentual de la avicultura en el PIB total fue de 0.75%. En el PIB pecuario participó con 36.8 por ciento.

En 2021 la industria avícola mexicana registró un crecimiento de 2.4%, respecto a lo obtenido en 2020. La industria de huevo creció 2.9%, mientras que la avicultura de pollo creció 2.0%. En la actualidad la industria avícola nacional consume 17 millones de toneladas de alimento balanceado, de las cuales el 63% es grano forrajero (maíz y sorgo principalmente), equivalente a 10.7 millones de toneladas, y el restante oleaginosas y otros insumos.

### **2.3 Historia de los pollos Saso francés.**

La relación entre el ser humano y el pollo se remonta a tiempos muy antiguos, específicamente a la era agrícola, cuando comenzó la domesticación de diversas especies de animales. Según distintos estudios, la primera evidencia de pollos domésticos brinda de hace más de 4.000 años, y se cree que su origen podría estar en las densas junglas de la india, donde sus ancestros habitaban en estado natural (Sánchez, N. 2023, 24 julio).

En cuanto a los primeros registros históricos de la domesticación de las aves, se han encontrado restos en regiones tan diversas y distantes como China, Egipto y Creta, donde alrededor de 1400 a.C. existían comunidades que criaban pollos con distintos propósitos. Sin embargo, la expansión de la cría de estas aves en Europa se debe a gran medida al Imperio Romano, que, a través de sus extensas rutas comerciales, facilitó la propagación de gallos y gallinas por todo el continente. Gracias a la influencia de los romanos, la cría de estas aves se convirtió en una práctica común en diferentes regiones (Sánchez, N. 2023, 24 julio).

El origen del primer pollo domesticado se remonta a su ancestro silvestre, proveniente del gallo Bankiva (*Gallus gallus bankiva*), una especie que habita en estado natural en diversas regiones del sudeste asiático. Se estima que el proceso de domesticación de los pollos tuvo lugar hace miles de años, cuando las primeras civilizaciones comenzaron a criarlos con distintos fines. Con el paso del tiempo y a través de la selección genética, el gallo bankiva dio lugar a diversas razas de pollos, entre ellas el Rhode Island Red, una de las más reconocidas por su resistencia y capacidad de puesta. Esta raza es también conocida como Araucana, nombre que se le atribuye debido a su origen y características particulares. Dado a la intervención humana y a los cruces selectivos, estas aves evolucionaron hasta convertirse en una de las especies más criadas en el mundo, desempeñando un papel fundamental en la avicultura.

A lo largo de los siglos, el proceso de la selección natural y la cría selectiva han influido profundamente en la evolución de las gallinas. Mediante la producción, se han potenciado características específicas, como lo que es el tamaño, la capacidad de puesta de huevos y la resistencia a enfermedades, dando lugar a una gran diversidad de razas y variedades adaptadas a distintos entornos y necesidades.

Más allá de su importancia, las gallinas no solo fueron una fuente crucial de alimento en muchas civilizaciones, también han ocupado un lugar significativo dentro de diversas culturas y tradiciones. En muchas sociedades, han estado asociadas a creencias, rituales y prácticas simbólicas, consolidándose como un elemento clave en la vida cotidiana de las comunidades. Este proceso de domesticación y mejora genética ha permitido que las gallinas se adapten a distintas regiones del mundo, desempeñando un papel fundamental no solo en la producción de alimentos, sino también en la construcción del patrimonio cultural y agrícola de la humanidad (Thomann, M. L. 2023, 11 septiembre).

El origen del pollo Sasso francés es proveniente de una empresa francesa llamada Sasso quienes desarrollaron este tipo de ave. Aunque el término "Sasso" se refiere específicamente al nombre de la compañía, en la industria avícola muchas



de las personas lo consideran una raza de pollo y también es una marca reconocida. Aunque el pollo Sasso no sea considerado técnicamente una raza de ave, sino un tipo de pollo de doble propósito, es decir, criado tanto para la producción de carne como la de huevos. Este tipo de pollo tiene varias líneas genéticas, incluyendo el desarrollo original de estos pollos, dominados como la raza T Lines, que fue creada en la década de 1950 por Serge Perrault en Francia con el objetivo de conservar las razas tradicionales de pollos. Además, el nombre Sasso es una abreviatura de “selección Avicole de la Sarthe et du sud-Oest”, que en español significa “selección aviar de Sarthe y el suroeste”.

El término “pollo Sasso” fue originalmente creado por los franceses en 1978 para referirse a un tipo específico de pollo desarrollado mediante el cruce de razas tradicionales. Entre sus ancestros se encuentran los gallos Rhode Island Red, reconocidos por su resistencia y capacidad de puesta, junto con una cepa de pollos autóctonos de Francia. Como resultado de esta combinación, se obtuvo un pollo de engorde híbrido con características que lo hacen adecuado tanto para la producción de carne como para la cría en diversos sistemas avícolas. Además, la empresa Sasso surgió oficialmente gracias a una cooperativa de criadores de pollos bajo la certificación Label Rouge. Ubicándose en medio del bosque de las Landas, Sasso pudo expandirse en una zona protegida, perfeccionando continuamente sus líneas genéticas para mejorar la rusticidad, calidad de carne y adaptación a la crianza en sistemas al aire libre.

Dentro de sus diferentes variantes de los pollos Sasso, se encuentra el Sasso XL 551, una línea conocida por su enfoque en la producción de carne, razón por la cual se le conoce como un pollo de engorde de “tipo carne”. Gracias a su eficiencia productiva, su rápido crecimiento y su adaptabilidad en la industria avícola, los pollos Sasso han logrado convertirse como una de las marcas más populares en la industria avícola de países como Filipinas y varias regiones de África, donde son ampliamente utilizados en la producción comercial para abastecer la demanda de carne de ave.

Con el propósito de expandir su alcance y mejorar la distribución de sus productos a nivel internacional, en 1990, Sasso tomó la decisión estratégica de establecer una segunda empresa en Sarthe, una ubicación privilegiada por su cercanía a los aeropuertos de París. Esta medida facilitó considerablemente la exportación de sus productos, optimizando los procesos logísticos y permitiendo a la empresa acceder a mercados globales de manera más eficiente. Desde sus antepasados prehistóricos hasta la gran diversidad de razas domésticas que existen hoy en día, las gallinas han atravesado un complejo proceso de evolución en el que han intervenido tanto la selección natural como la cría selectiva impulsada por el ser humano. El viaje evolutivo de las gallinas domésticas se remonta a antiguas aves prehistóricas que habitaron en diversas regiones de Asia y África. A lo largo de millones de años, estos antepasados silvestres fueron desarrollando características clave que, con el tiempo, resultarían esenciales para la formación de especies que hoy en día conocemos.

Entre las múltiples adaptaciones biológicas que estos primeros ejemplares adquirieron para sobrevivir en su entorno, se encuentra el desarrollo de una cresta carnosa en la cabeza, un rasgo distintivo que más adelante se mantendría en las distintas variedades de gallinas. Además, su estructura corporal evolucionó para permitirles una vida terrestre eficiente, con patas fuertes y un sistema locomotor que favorecía la exploración del suelo en busca de alimento, facilitando su capacidad de adaptación a distintos ecosistemas. Este largo proceso de transformación natural, combinado con la posterior domesticación y cría selectiva por parte del ser humano, dio lugar a la enorme diversidad de razas y variedades de gallinas que existen en la actualidad, cada una con atributos específicos que han sido optimizados a lo largo del tiempo para distintos propósitos.

A lo largo de la vida, Sasso ha continuado su crecimiento y más de 40 años después, ha logrado consolidarse como una referente en el sector avícola, con presencia en más de 50 países en todo el mundo. Actualmente, siendo parte de Hendrix Genetics, una compañía líder en el desarrollo genético de diversas especies a nivel internacional, Sasso está impulsando nuevas iniciativas

destinadas a fortalecer la investigación y el desarrollo. Al mismo tiempo, se han implementado estrategias para mejorar la seguridad y calidad en todos los aspectos de la producción, garantizando así productos de alto estándar y reafirmando su compromiso con la innovación y el crecimiento sostenible en la industria avícola global.

Los pollos Sasso presentan variaciones en su apariencia debido a la diversidad de líneas genéticas dentro de este tipo de ave. Sin embargo, algunos de los colores de plumaje más comunes incluyen rojo ladrillo, negro y leonado. A medida que estos pollos crecen, sus plumas se vuelven más densas, brindándoles una apariencia más robusta. Aunque en muchas variedades de Sasso el plumaje puede presentar múltiples tonalidades, todos comparten ciertas características con las cuales se pueden distinguir por tener un pecho ancho con alas relativamente más pequeñas y una cabeza pequeña en comparación con otras razas.

Además, esta raza también tiende a tener particularidades en la coloración de sus patas, que suelen ser amarillas, y un pico de color más claro en comparación con otras razas de pollos de engorde convencionales. Dentro de los pollos Sasso, existen diversas subespecies que se diferencian por características específicas, como el color del plumaje, el tamaño o la tasa de crecimiento. La selección y mejora constante de estos rasgos permiten optimizar la calidad de la raza, asegurando mejores resultados en la producción avícola tanto para carne como para huevo.

Los pollos de engorde Sasso son ampliamente reconocidos por su capacidad para producir carne de alta calidad que se observa en este tipo, características que lo diferencia de otras variedades de pollos de engorde estándar. Su estructura corporal presenta una mayor masa muscular, lo que lo convierte en una excelente opción para la producción avícola enfocada en carne. Dado que su principal propósito es la adquisición de carne, la producción de huevos es menor en comparación con otras razas, no es una preocupación significativa. De hecho, los pollos Sasso tienen una producción de huevos lo suficientemente eficiente como

para compensar los costos de su crianza, ya que pueden llegar a poner entre 120 y 250 huevos por año, con una tasa de eclosión elevada.

En el término de madurez reproductiva, estos pollos comienzan a poner huevos activamente entre los 6 y 8 meses de edad, aunque en algunos casos pueden continuar con la postura incluso después de los 11 o 12 meses. Esto lo convierte en una opción adaptable para los productores, ya que, además de su excelente rendimiento cárnico, pueden proporcionar una cantidad considerable de huevos a lo largo de su ciclo productivo.

Los pollos Sasso también son altamente valorados por su resistencia y capacidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas, lo que lo convierte en una opción ideal para diversos sistemas de producción avícola. Tiene una fuerte resistencia a enfermedades, parasitosis y factores ambientales adversos, lo que facilita su crianza, ya que no requiere de muchos cuidados en atención médica. Gracias a estas características, pueden ser criados tanto en pequeñas granjas familiares como en granjas intensivas, sistema de pastoreo a gran escala, lo que los convierte especialmente en una raza atractiva y adecuada para nuevos productores.

Esta raza de pollos Sasso tiene la ventaja de que su crianza es relativamente sencilla, ya que requieren de suficiente espacio para moverse libremente, lo que favorece su bienestar de desarrollo saludable. Además, su temperamento dócil les permite convivir sin problemas con otras razas de pollos, a pesar de que en su linaje se encuentren antepasados de razas de pelea. Esta combinación de rusticidad, facilidad de manejo y resistencia a enfermedades hace que los pollos Sasso sean una excelente elección para quienes buscan una opción productiva y de bajo mantenimiento en la avicultura (Sasso Chickens - Oklahoma State University. 2023, 8 diciembre).

#### **2.4 Características del pollo saso francés**

El pollo francés es un ave de crianza rustica, se adapta a los climas variados, es de rápido crecimiento y excelente conversión cárnica. Son conocidos como aves

de doble propósito, ya que pueden ser criados como aves de postura y obtención de carne. Su peso inicial es de 45 gr en promedio, presenta un rápido crecimiento, los machos llegan a pesos de 4 kg y las hembras a 3.5 kg, la producción de huevos es de 210 en promedio (Genética Avícola, 2022).

Por otro lado, se encuentra nueva información cuanto esta ave, ya que, estos como aves domésticas, son aves de mayor resistencia y adaptable a diferentes climas (alta rusticidad), caracterizados por ser de doble propósito (carne/huevo) y de rápido desarrollo. Tienen una excelente conversión cárnica. Los machos pueden llegar a pesos de 4.80 kg y las hembras hasta 3.50 kg, su producción de huevos es de 220 huevos por año en promedio (Genenorte, 2022)

Aun siguiendo con esta resiliencia, cada ave por raza tiene un requerimiento nutricional importante y que impacta en cuanto al estado de crecimiento, además de ello normalmente se llega a la conclusión que al ser de doble propósito tiene una mayor relativa respuesta por los nutrientes esenciales que esta necesita para desarrollar musculo y empezar con su postura. A continuación, en la imagen No. 2 podemos observar sus requerimientos nutricionales.

Nombre	Raciones		
	INICIO CRIOLLO-	CRECIMIENTO CRIOL	ACABADO CRIOLLO-
Energía Metab. Aves	2.950.0000	3.050.0000	3.100.0000
Proteína Cruda	18.5855	18.3213	16.7410
Grasa Cruda	3.6879	5.1340	0.0000
Fibra Cruda	3.9293	3.8947	3.7706
Calcio	0.9798	0.8200	0.6800
Fosforo Disponible	0.4400	0.4000	0.3600
Acido	0.1500	0.1500	0.1528
Cloro	0.2200	0.2118	0.1600
Balanza Electroica	200.2269	200.0000	200.0000
Arginina dg. aves	1.1483	1.1332	1.0142
Glutina dg. aves	1.0300	0.9900	0.9000
Metionina dg. aves	0.5246	0.5277	0.4753
Met+Cu dg. aves	0.7800	0.7800	0.7100
Treonina dg. aves	0.6700	0.6600	0.6000
Triptofano dg. aves	0.2066	0.2099	0.1813
Valina dg. aves	0.7800	0.7700	0.7013
Isoleucina dg. aves	0.7177	0.7063	0.6379

**Imagen 2. Tabla de Requerimientos nutricionales.**

## 2.5 Definiciones Conceptuales.

Los siguientes conceptos se usarán en la terminología de más adelante, para ello veo necesario implementarlas para así poder tener un mejor campo de visión y poder entenderlo con mucha claridad, sin más preámbulos:

- Consumo de alimento: Es la cantidad de alimento consumido en un periodo temporal de 24 horas.
- Conversión alimenticia: Es un indicador productivo usado en aves de engorde que muestra el consumo de alimento por cada 1 kg de peso ganado.
- Costo Total (S/): Se refiere al costo total de producción en la presente que es igual al costo de alimentación multiplicado por el factor de conversión que es igual a  $100/70 = 1.43$ , el 70 que representa el porcentaje del costo del alimento en relación a los gastos totales en la producción de pollos de engorde (De Paz, 2010).
- Ganancia media diaria: Es un indicador de crecimiento utilizado en aves productoras de carne. Indica el incremento de peso vivo de un ave en un periodo de tiempo de 24 horas.
- Peso final: Es el peso alcanzado por el ave al término del periodo experimental.
- Peso relativo de pechuga: Es el peso de la pechuga en relación al peso de la carcasa y se expresa en términos de porcentaje (%).
- Peso relativo de las piernas: Es el peso de las piernas en relación al peso de la carcasa y se expresa en términos de porcentaje (%).
- Peso relativo de las alas: Es el peso de las alas en relación al peso de la carcasa y se expresa en términos de porcentaje (%).
- Relación Beneficio/Costo: determina la cantidad del excedente generado por unidad de inversión, después de haber cubierto los costos de operación y de capital.
- Rendimiento de carcasa: Es la relación entre el peso de la carcasa y el peso corporal del ave viva previo al sacrificio.

- Rentabilidad (%): Es la relación que existe entre los beneficios y la inversión que se ha hecho que se obtiene al dividir la utilidad neta entre el costo total multiplicado por 100.

Estos son los principales conceptos que utilizaremos a lo largo de nuestros reportes en cuanto al estudio de la canal del pollo Saso Francés.

## Capítulo III. Anatomía de las aves y composición del huevo.

### 3.1 Regiones.



**Imagen 1.6 Anatomía general del ave.**

**A. Cabeza:** La cabeza de las aves es una estructura compleja que aloja órganos y características esenciales para el funcionamiento vital, los principales componentes son:

#### **Estructura ósea:**

- **Cráneo:** Este forma parte de la parte superior de la cabeza y se integra por varios huesos, en el área frontal se encuentra el hueso frontal o coronal, mientras que en la parte posterior está el occipital, este conecta con la columna vertebral.

- **Mandíbulas:** Las aves tienen una mandíbula superior y la otra inferior y juntas forman el pico, este es fundamental para la alimentación y la manipulación de los objetos.

### **Órganos sensoriales:**

- **Ojos:** Ubicados a los costados de la cabeza, a las aves les brinda un amplio campo visual, cada ojo puede movilizarse de manera independiente, lo que le permite buscar alimento y al mismo tiempo estar alerta ante posibles amenazas.
- **Oídos:** Las aves no poseen un pabellón auricular, los oídos de las aves se sitúan en la parte trasera y ligeramente debajo de los ojos y estos son esenciales para captar sonidos del entorno.

### **Características externas:**

- **Cresta:** Son estructuras carúnculas y erguidas ubicadas en la parte superior de la cabeza, el tamaño de estas varían según la raza y sexo del ave, esta cumple funciones en la regulación térmica y la comunicación social.
- **Barbillas:** Son dos estructuras carúnculas y colgantes debajo del pico del ave, esta ayuda a regular la temperatura corporal e intervienen en la interacción entre aves.
- **Plumas:** son estructuras ligeras y resistentes que cumplen funciones esenciales como la protección, el aislamiento térmico y la comunicación. Principalmente están compuestas por queratina y se divide en diferentes tipos, como la pluma de contorno.
- **Garras:** son estructuras córneas ubicadas en la punta de los dedos, diseñadas para rascar el suelo, son fuertes y curvadas lo que permite excavar con facilidad en la tierra.



## B. Tronco

- **vértebras:** son los huesos que conforman la columna vertebral, proporcionando soporte estructural, movilización y protección a la medula espinal. Es dividido en diferentes regiones:
- **cervicales:** forma el cuello y es altamente flexible, permitiendo una gran movilidad para alcanzar alimento y vigilar el entorno. Los pollos suelen tener entre 13 y 14 vértebras cervicales, lo que les da una mayor capacidad de giro.
- **torácicas:** es encontrada en la región del tórax y está unida a las costillas, proporcionando estabilidad al cuerpo. Estas vertebras tienen una movilidad reducida para sostener la estructura del ave y facilitar la acción de las alas.
- **lumbares:** está ubicada en la parte de debajo de la espalda, están funcionadas con las vértebras sacras en una estructura llamada sin-sacro.
- **sacras:** forma parte de sin-sacro junto con las lumbares y algunas torácicas. Esta función de hueso refuerza la resistencia de la columna y proporciona un punto de anclaje sólido para las patas.
- **caudales:** son encontradas en la cola y permite cierto grado de movimiento. En el extremo de estas vertebras está el pigóstilo, un hueso fusionado que sostiene las plumas de la cola, esencial para el equilibrio y comunicación de las aves.
- **Costillas:** son huesos delgados y alargados que forman parte de la caja torácica, es de gran función ya que protege a órganos esenciales como el corazón y los pulmones. Estas están unidas a las vértebras torácicas y al esternón
- **esternón:** son huesos grandes y planos ubicados en la parte inferior del tórax. Su función principal es servir de soporte y protección para los órganos internos. Posee una estructura llamada quilla o Carina, donde se insertan los músculos pectorales, esenciales para el movimiento de las alas.

## C. Extremidades.

### Anteriores

- Alas: son extremidades anteriores, que para los pollos no son aptas para el vuelo, su estructura esta, compuesto por huesos ligeros, cubiertos de plumas primarias y secundarias.

### Posteriores

- Patas: son extremidades robustas adaptadas para la movilidad terrestre, el rascado del suelo. Están cubiertas de escamas córneas que protegen a os huesos y músculos.
- Muslo: parte superior de la pata, ubicada entre la cadera y la articulación de la rodilla. Zona con músculos fuertes y desarrollados ya que soporta el peso del cuerpo y permite el movimiento.
- Pierna: es parte de la extremidad de las patas que es encontrada entre el muslo y la garra, incluyendo la articulación de la rodilla.

## D. Cola.

- Estructuras óseas:
- Pigóstilo: Es un hueso funcionado formado por las ultimas vertebrae caudales. Sirve como punto de anclaje para las plumas de la cola.
- Vertebrae caudales: Son las ultimas vertebrae de la columna vertebral y proporcionan soporte y movilidad de la cola.

La estructura ósea de la cola de las aves es compuesta por huesos, los cuales permiten el movimiento de la cola, cumpliendo una función importante en el equilibrio del pollo.

- Músculo:
- Músculo levador caudal: Eleva la cola y ayuda a desplegar las plumas.
- Músculo depresor caudal: Baja la cola y contribuye a los movimientos de equilibrio.

- Músculo lateral caudal: Permite el movimiento lateral de la cola, ayudando a la orientación del ave.
- Músculo depresor caudal: Retrae la cola hacia el cuerpo, ajustando su posición.
- Músculo sacrococcígeo: Conecta la base de la cola con la columna vertebral, brindando estabilidad.

Los músculos de la cola de los pollos permiten los movimientos, la estabilidad y la posición de las plumas. Estos músculos son esenciales para el equilibrio y el comportamiento social de los pollos, además juegan un papel importante para la postura de las aves.

- Plumosas:
- Plumas rectrices: Son las plumas principales de la cola, son largas, rígidas, ayudan a dirigir el movimiento y mantener la estabilidad del ave.
- Plumas de cobertura caudal: Plumas más cortas y suaves que cubren la base de la cola, proporcionando aislamiento y protección.
- Plumas de hoz: Presentes en los gallos, son largas, curvas y decorativas, dándole a la cola un aspecto más llamativo.

Las plumas de la cola de los pollos cumplen una función importante ya que por ello pueden tener equilibrio, comunicación y protección en las aves. La forma y el tamaño de las plumas de la cola varían según las razas y el sexo del pollo, siendo más desarrolladas y coloridas en los gallos, ya que cumplen un papel en la exhibición y el cortejo.

### **3.2 Aparato digestivo.**

El aparato digestivo de las aves está adaptado para el procesamiento y la absorción de los nutrientes de manera eficiente debido a su alta tasa metabólica. La digestión comprende todos los procesos físicos y químicos por lo cual el alimento ingerido se descompone y se hacen solubles, quedando en condiciones de ser absorbidos por el organismo de la misma. Está compuesto por varias estructuras las cuales son:

- Pico: Es la estructura principal utilizado para tomar y sujetar los alimentos, como de igual forma además de ser utilizado como defensa, en la construcción de nidos, asear, destrozar y partir los frutos, tomar agua, arreglar su plumaje y llevar la comida a sus crías.
- Cavidad bucal: No hay demarcación con la faringe, no tiene paladar blando y el paladar duro es hendido. En el paladar tiene un orificio alargado llamado coanas que comunica con las fosas nasales y en la parte posterior otro pequeño que conecta con el oído medio. No existe separaciones entre la boca y la faringe, a esta parte se le conoce como cavidad buco-faringe u orofaringe. La cavidad bucal presenta glándulas salivales y botones gustativos que en número y tamaño varían según la especie.
- Lengua: Es larga y angosta y se proyecta a través de la cavidad bucal. Su forma es triangular, carece de papilas gustativas, es menos móvil y conjunto con el pico se encarga de la recolección de alimentos. La lengua suele ser mucho menos hábil que la de los mamíferos y su forma depende de la conformación del pico, en el caso de las gallinas la lengua es estrecha y puntiaguda, se encarga de propulsar el bolo alimenticio a la vez que cierra la hendidura coanal.
- Esófago: Esta situada en la entrada del tórax, es una evaginación muy dilatada, dirigida hacia adelante y hacia la derecha. Cumple funciones de almacenamiento y maceramiento de los alimentos. Presenta una dilatación o ensanchamiento llamado buche, que puede ser una simple dilatación o en forma de saco, como en el caso de los pollos. El buche sirve para el almacenamiento temporal del alimento remojando y humectándolo y ablandándolo con la saliva y secreción del moco esofágico.
- Estomago: Consta de dos cavidades, claramente distinguibles exteriormente, que son:
- Estomago glandular o proventrículo: Es un órgano ovoide, situado a la izquierda del plano medio, en posición craneal con respecto al estómago muscular, suele ser pequeño en gallinas. Su función es segregarse el ácido clorhídrico y la pepsina, como también tiene como función secretar moco.

- Estomago muscular o molleja: Es relativamente grande y ocupa la mayor parte de la mitad izquierda de la cavidad abdominal. Su forma es redondeada y presenta sus laos aplanados y sus paredes musculares son gruesas. Actúa como un órgano triturador en aves granívoras como las gallinas y en aves carnívoras sirve como reservorio.
- Intestino delgado: Presenta vellosidades, una red de vasos sanguíneos especializados para la absorción de los principios nutritivos. Se extiende desde la molleja al origen de los dos ciegos. Es comparativamente largo y de tamaño casi uniforme en todas partes. Este se subdivide en 3 porciones las cuales son:
  - Duodeno: Nace del estómago muscular por su parte anterior derecha, se dirige hacia atrás y abajo a lo largo de la pared abdominal derecha, en el extremo de la cavidad dobla hacia el lado izquierdo. Está situado encima del primer tramo duodenal y se dirige hacia adelante y arriba.
  - Yeyuno: Inicia donde una de las ramas de la U del duodeno se aparta a la otra. El yeyuno de las gallinas consta de 10 asas pequeñas dispuestas como una guirnalda y suspendidas de una parte del mesenterio.
  - Íleon: Se origina en el lugar de íleon, donde desemboca los ciegos e inicia el intestino grueso.
- Intestino grueso: Es muy corto y grueso en las gallinas, su principal función consiste en absorber la humedad del contenido intestinal y restos de los nutrientes. Se subdivide en tres porciones:
  - Ciego: Las gallinas poseen dos ciegos que son dos tubos con extremidades ciegas, que se originan en la unión del intestino delgado y el recto, se extienden oralmente hacia el hígado, tienen de 10 a 15 cm de longitud y están más o menos llenos de material fecal. Se cree que en el ciego se produce ciertas digestiones bacterianas de la fibra y se efectúa un grado de absorción.
  - Colon: Mide unos 10 cm de longitud, termina en un ligero ensanchamiento de a cloaca, es ahí donde se realiza la absorción del agua y las proteínas de los alimentos.
  - Recto: El papel principal consiste en acumular las heces, se encuentra de los riñones hacia atrás y termina dilatándose en la cloaca.

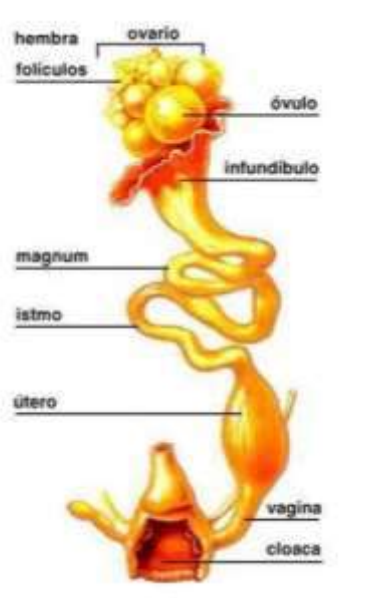
- Cloaca: Es dominada así por la abertura terminal del intestino, en el cual desemboca también el aparato urogenital. Su función es eliminar los desechos del sistema digestivo. Es el sitio donde se almacena la orina y la materia fecal produciendo así que en el momento de la defecación tanto las heces como la orina se mezclan y salen juntos. Está dividida en 3 porciones los cuales son:
- Coprodeo: Es la más grande de las tres porciones y es la continuación del recto donde se acumula los excrementos. Es continuo con el intestino grueso, pero está separado del Urodeo por el pliegue coprourodeal.
- Urodeo: Es el más pequeño de los tres, es donde desemboca los uréteres y a los lados de ellos se abren los conductos deferentes en el macho. Está cubierto por vellosidades y la naturaleza de la mucosa es lisa.
- Proctodeo: Desemboca la boca de Fabricio. Es la parte mas distal de la cloaca y es la sección que se conecta con el exterior siendo la parte mas corta, es encontrado entre el pliegue uroproctodeal y el respiradero. Se abre hacia el respiradero para excretar los excrementos.

#### **Glándulas anexadas:**

- Hígado: Es lobulado, interviene en la digestión. Se comunica con el intestino delgado a través de dos conductos uno proviene de la vesícula y el otro directamente del parénquima hepático, su función es ayudar en la eliminación de toxinas, participando en el metabolismo de las proteínas, grasa e hidratos de carbono. Es uno de los órganos relativamente grande que presenta el 2% de su peso corporal y es importante para las aves de corral ya que participa en el metabolismo, la desintoxicación, la secreción de bilis, la coagulación, la inmunidad, entre otras funciones más. Es encontrada en la parte inferior de la cavidad abdominal.
- Páncreas: Este órgano es alargado, formado por dos lóbulos. Se ubica en el asa duodenal, se comunica con el intestino delgado mediante tres conductos. Su función es similar a la de los mamíferos, produciendo enzimas que se vierten al duodeno, estas enzimas del juego pancreático son enzimas

digestivas y se encuentran en amilasas, lipasas y tripsina. También produce la hormona insulina y el glucagón.

### 3.3 Aparato reproductor



**Imagen. Aparato reproductor de la gallina.**

El sistema reproductor aviar es heterosexual lo que quiere decir que para que se puedan reproducir requiere de un macho y de una hembra. Este sistema reproductivo sin duda forma una de las partes más interesantes de las gallinas. Los órganos reproductivos de las aves difieren de los mamíferos en aspectos importantes los cuales pueden ser las localizaciones, la forma, el peso y tamaño de los testículos en el caso de los machos, como de igual forma hay variación en lo que es la ausencia del pene y la existencia de la cloaca.

El aparato reproductivo de las aves está adaptada para maximizar la eficiencia en la producción de huevos y la fecundación. Sus estructuras varían entre el macho y la hembra.

#### **Aparato reproductor de la hembra.**

El sistema reproductor de las aves hembras es asimétrico, ya que está compuesto por dos partes que es el ovario y el oviducto izquierdo. El único ovario superviviente se encuentra en las gallinas ponedoras, justo delante de los riñones, en la cavidad abdominal, y esta firmemente adherido a la pared de la cavidad. El ovario esta bien dotado de vasos sanguíneos para garantizar que no haya obstáculos al transporte de nutrientes hacia la yema en desarrollo.

- **Ovario:** El ovario consiste en una masa de objetos amarillentos y redondeados llamados folículos, cada uno con un óvulo o yema. Si bien existen muchos folículos de este tipo, solo unos pocos alcanzan la madurez para la producir un óvulo. Durante la puesta de huevos el ovario esta activo. El tamaño de los folículos varía desde muy pequeños hasta aquellos que se acercan al tamaño normal de la yema del huevo, pueden alcanzar hasta los 40 milímetros de diámetro y completan una yema completamente madura, listas para ser liberadas en el oviducto.

El ovario activo en las aves pasa por cinco etapas diferentes de desarrollo en sus folículos, cada una de ellas cumpliendo un papel esencial en la maduración y liberación de óvulos. Estas etapas aseguran un ciclo continuo de producción de huevos en aves ponedoras y representan un sistema altamente eficiente en la producción aviar.

- **Folículos primarios:** Son estructurados diminutas que aun no han iniciado su crecimiento. Son encontrados en estado de reposo y presentan la reserva de óvulos potenciales que pueden desarrollarse a lo largo de la vida reproductiva del ave.
- **Folículos en crecimiento:** En esta fase, los folículos comienzan a aumentar de tamaño gradualmente. Se observa una mayor vascularización y acumulación de nutrientes en preparación para su posterior maduración.
- **Folículos maduros:** Son aquellos que han alcanzado su tamaño máximo y están listos o casi listos para la ovulación. En este punto, la yema ha acumulado los nutrientes esenciales que permitirán el desarrollo del embrión en caso de fertilización.



- **Folículos descargados:** En esta etapa, el folículo ha liberado la yema, un proceso conocido como ovación. Después de este evento, la estructura que albergaba la yema comienza a retraerse.
- **Folículo atrésico:** Son aquellos folículos que, habiendo liberado la yema hace algún tiempo, comienzan a degenerarse. En esta fase, el folículo ya no tiene función reproductiva activa y es reabsorbido por el organismo.

El ovario produce ovocitos, estrógenos, andrógenos, progesterona y prostaglandina. El crecimiento folicular del ovario es jerárquico por lo cual solo los folículos mas grandes llegan a la ovulación. Cada uno de los folículos es conformado por un ovocito lleno de vitelo, rodeado por una pared folicular muy vascularizada. El tamaño y la forma del ovario depende mucho de la edad y el estadio reproductivo, su coloración tanto del ovario como de los folículos es normalmente amarillento.

- **Yema de huevo.**

La yema tarda aproximadamente 10 para que se pueda desarrollar desde un tamaño muy pequeño hasta llegar a su tamaño normal, que estos son encontrados en los óvulos, y durante este tiempo está contenida en el folículo. El folículo actúa como un saco durante este periodo de desarrollo, suministrándole los nutrientes necesarios para su crecimiento. Cuando se observa un folículo en su etapa de maduración, se puede identificar en su superficie una zona alargada que care casi por completo de vasos sanguíneos en la parte distal. Esta región es conocida como estigma, es donde el folículo normalmente se divide para liberar la yema en el oviducto, iniciando así el proceso de formación del huevo. Si por dada razón, el folículo se divide en un lugar distinto al estigma, los numerosos vasos sanguíneos que se rompen harán que se encuentren sangre libre en el ovulo, es decir, se formara una mancha de sangre.

- **Oviducto:** Para su formación debe de producir la albúmina, las membranas de la cascara y la cascara alrededor de la yema para completar. El ovulo es un

tubo largo bien irrigado por numerosos vasos sanguíneos, en sus paredes se encuentran numerosas glándulas que producen albúmina, las cuales son las membranas de las cascara y la propia cascara. Cuando las aves están en la fase de no puesta, el oviducto es bastante corto y de pequeño diámetro, sin embargo una vez que el aparato reproductor este activado, alcanza una longitud de 70 a 80 centímetros, con un diámetro variable según se la función de la sección examinada. El oviducto está compuesto por cinco secciones distintas, cada una conlleva diferentes funciones:

- Infundíbulo (embudo): Esta ubicado junto al ovario y con largos segmentos que lo encierran, la función del infundíbulo es recoger la yema tras su liberación del folículo a modo de embudo y la dirige hacia el oviducto. Esta sección tiene unas paredes muy delgadas y mide entre los 6 y 9 cm de largo. Aquí es donde se produce la fecundación del óvulo por el espermatozoide masculino.
- Ampolla o magnum: Mide aproximadamente unos 40 cm de largo y secreta mas del 40% de la albumina, también conocido como clara del huevo. Es esencial para la protección y nutrición del embrión en el caso de fertilización, además de contribuir a la estructura y estabilidad del huevo durante el desarrollo.
- Istmo: Aproximadamente mide 12 cm de longitud, en esta sección secreta parte de la albúmina, contribuyendo a la estructura de la clara, además es donde se generan las membranas internas que recubren a la cascara, brindándole protección y soporte al huevo antes de que pase a la siguiente fase de su desarrollo.
- Útero o glándula de la concha: Mide 12 cm de longitud, secreta alrededor del 40% de la albúmina, además es donde se deposita el carbonato de calcio, permitiéndole la formación de la cascara, que es el cual protege el contenido del huevo y le proporciona resistencia para su manipulación y puesta.
- Vagina: Es la parte final del oviducto, la cual mide aproximadamente 12 cm de longitud. Su función principal es la expulsión del huevo hacia la cloaca durante la puesta. Además, esta sección secreta la cutícula externa del óvulo, la cual contiene una fina capa protectora que cubre a la cascara y ayuda a prevenir la

entrada de macroorganismos. También en esta sección posiblemente produce pigmentos responsables de la coloración del huevo, dependiendo de la especie.

### **Formación del huevo en la gallina.**

El huevo de las gallinas está formado por un proceso biológico complejo que ocurre en el oviducto y dura aproximadamente entre 24 a 26 horas. Esto se divide en varias etapas:

- **Ovulación (ovario):** Este proceso inicia cuando un folículo maduro libera la yema en la cavidad abdominal. Luego, la yema es captada por el infundíbulo, la primera parte del oviducto, donde puede ocurrir la fecundación si hay presencia de espermatozoides. En esta fase su duración es aproximadamente de 15 minutos.
- **Formación de la clara (magnum):** La yema avanza al magnum, una sección de aproximadamente 40 cm de largo, donde se segrega más del 40% de la albúmina o clara del huevo. Este proceso dura entre 3 a 4 horas y tiene como funcionamiento proteger la yema y proporcionar nutrientes al embrión en caso de fecundación.
- **Formación de las membranas (istmo):** El huevo continúa su trayecto hacia el istmo, donde se produce las membranas testáceas que servirán de soporte para la cáscara. Aquí también se añade una parte de la albúmina. Esta fase toma entre 1 y 2 horas.
- **Formación de la cáscara (útero o glándula de la concha):** El huevo permanece entre 18 y 20 horas. Durante este tiempo, se deposita el carbonato de calcio, formando la cáscara, que le da rigidez y protección. En esta etapa también se puede añadir pigmentos en las razas que producen huevos de color.
- **Expulsión del huevo (vagina y cloaca):** El huevo pasa por la vagina, donde recibe una cutícula protectora antes de ser expulsado a través de la cloaca. Esta etapa dura unos 15 minutos, tras lo cual el ciclo vuelve a comenzar.

### **La formación del ovario y la yema.**

El ovario está unido a la pared abdominal por el ligamento mesoovárico. Alberga entre 2000 y 12 000 óvulos pequeños en folículos diminutos en su superficie. No todos los óvulos del ovario inmaduro se desarrollan, y solo entre 200 y 350 pueden alcanzar la maduración. Cada yema u óvulo tarda unos 10 días en crecer y alcanzar la madurez, cuando representa aproximadamente el 31% del peso del óvulo.

<b>Componente</b>	<b>%</b>
Agua	48.0
Proteína	17.5
Gordo	32.5
Carbohidrato	1.0
Otros compuestos	1.0

**Tab. 1. Composición del material de la yema**

La yema se dispone en anillos concéntricos de material de color más oscuro y más claro. La coloración es producida por las xantofilas, pigmentos amarillos, anaranjados y rojos que están presentes en muchas plantas, productos vegetales y en otros materiales naturales. La mayor parte del material vitelino proporciona una fuente de alimentos para el embrión en desarrollo, que es originada por la fertilización del disco germinal o blastodermo, que generalmente está ubicado en la superficie superior de la yema del óvulo roto. Es encontrada en el segmento superficial de la latebra, un segmento con forma de vaso de yema diferente, con su base en el centro de la yema, los labios en la superficie y el tallo que une la base con los labios.

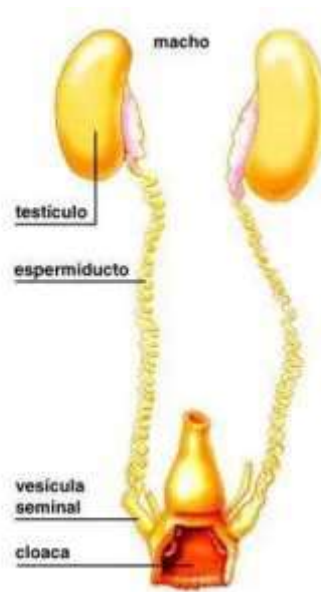
La yema está contenida en una membrana muy fina y transparente llamada membrana vitelina. A medida que un óvulo se vuelve estropeado, la membrana vitelina se debilita considerablemente y a menudo se rompe para liberar el contenido de la yema cuando el óvulo se destruye. Durante la ovulación la yema se libera y entra en el oviducto, donde, a su paso por este órgano se produce la fecundación y las partes restantes del óvulo se añaden a su alrededor. La yema es encontrada en un saco llamado folículo, lo cual está previsto por vasos

sanguíneos. Estos son muy necesarios para la transportación de materiales que contribuyen la yema, formados en el hígado.

### **Maduración sexual.**

La maduración sexual de las hembras se alcanza cuando la gallina pone el primer huevo. Generalmente la maduración sexual está controlada genéticamente; sin embargo, los factores ambientales juegan un papel muy importante. La maduración se empieza a alcanzar entre las 18 y las 24 semanas de edad, esto va dependiendo del genotipo de las gallinas, pero puede ser controlado mediante las alimentaciones, como también puede ser controlado a través del manejo de la intensidad de la luz y la duración del día entre otras.

### **Aparato reproductor del gallo:**



**Imagen. Aparato reproductor del gallo.**

El aparato reproductor del gallo, incluyendo al Sasso francés, está diseñado para producir, almacenar y transportar espermia de manera eficiente. Este sistema

consta de varios órganos internos y externos que trabajan en conjunto durante el proceso reproductivo.

Anatomía del aparato reproductor del gallo:

- **Testículos:** Son órganos bilaterales situados en la cavidad abdominal, cerca de la columna vertebral y craneales a los riñones. A diferencia de muchas especies donde los testículos son externos, en las aves permanecen internos, lo que los protege de daños físicos y mantiene una temperatura óptima para la espermatogénesis. Durante la temporada reproductiva, los testículos pueden aumentar significativamente de tamaño hasta 5 cm de longitud aproximadamente debido a la intensa actividad de producción de espermatozoides, presentando un color blanquecino en actividad reproductiva y amarillento durante la inactividad o muda. Además de producir espermatozoides, los testículos secretan hormonas sexuales como la testosterona, responsable del desarrollo de características sexuales secundarias como el plumaje llamativo y el comportamiento de cortejo. (Gallit, 2024).
- **Epidídimos:** Aunque menos desarrollados que en mamíferos, los epidídimos en los gallos están formados por conductillos eferentes y se sitúan sobre los testículos, no se dividen en cabeza, cuerpo y cola como en los mamíferos. Están formados por conductillos eferentes y participan en la maduración inicial de los espermatozoides, además de eso su función principal es transportar los espermatozoides desde los testículos hacia los conductos deferentes.
- **Conductos deferentes:** Son tubos musculares que transportan el espermatozoides desde los epidídimos hasta la cloaca, acompañan al uréter y desembocan en la cloaca a través de una papila eréctil de unos 2-3 mm. Además de servir como vías de transporte, actúan como sitios de almacenamiento y maduración de los espermatozoides, permitiendo que este se mantenga viable durante varias semanas. Estos conductos desembocan en la cloaca a través de papilas en la pared lateral del urodeo. (Gallit, 2024).
- **Órgano copulador (falo):** A diferencia de otras especies, los gallos poseen una estructura copuladora poco desarrollada. Durante la cópula, la papila

copuladora se llena de sangre y se extiende ligeramente para facilitar la transferencia de esperma al tracto reproductivo de la hembra. Aunque el contacto físico durante la cópula es breve, este mecanismo de erección linfático es generalmente suficiente para la fertilización.

### **Funciones del aparato reproductor:**

El aparato reproductor del gallo desempeña varias funciones clave:

- **Producción de esperma:** Los testículos generan espermatozoides y hormonas sexuales. Durante la temporada reproductiva, los testículos pueden aumentar su tamaño entre 300 y 500 veces, lo que refleja una intensa actividad espermatogénica.
- **Maduración y almacenamiento de esperma:** Los espermatozoides maduran en el epidídimo y se almacenan en los conductos deferentes hasta la eyaculación. En el gallo, el volumen de eyaculado es pequeño, no llegando a 1 ml, pero altamente concentrado en espermatozoides.
- **Transferencia de esperma:** Durante la cópula, el falo facilita la transferencia del esperma al tracto reproductivo de la hembra. Aunque el contacto físico es breve, este sistema eficiente permite al gallo fertilizar a múltiples hembras en un corto período de tiempo.
- **Hormonas y reproducción:** Las hormonas juegan un papel crucial en la regulación del comportamiento reproductivo y el desarrollo de características sexuales secundarias en los gallos, la actividad reproductiva del gallo está regulada por hormonas como la testosterona, producida en los testículos, este influye en el desarrollo de la cresta, las carúnculas y el comportamiento de cortejo. La producción de esperma y la actividad sexual están influenciadas por factores ambientales, especialmente por el aumento del fotoperiodo ya sea natural o artificial incita al desarrollo testicular y la producción de semen a través de la estimulación hipotalámica, que acciona factores liberadores de FSH y LH. En el espectro infrarrojo, la luz es más estimuladora de la función gonadal que la azul.

## Cuidados necesarios del gallo:

Para mantener la salud reproductiva del gallo, es esencial:

- Proporcionar una dieta equilibrada rica en proteínas, vitaminas y minerales.
- Garantizar un ambiente limpio y libre de estrés.
- Monitorear regularmente la salud del gallo para detectar signos de enfermedades o infecciones que puedan afectar su capacidad reproductiva.

El aparato reproductor del gallo es un sistema complejo y eficiente adaptado para maximizar la fertilización. Una comprensión detallada de su anatomía y funciones es esencial para optimizar las prácticas de cría y asegurar una producción avícola exitosa.

### 4.4 Composición del huevo.

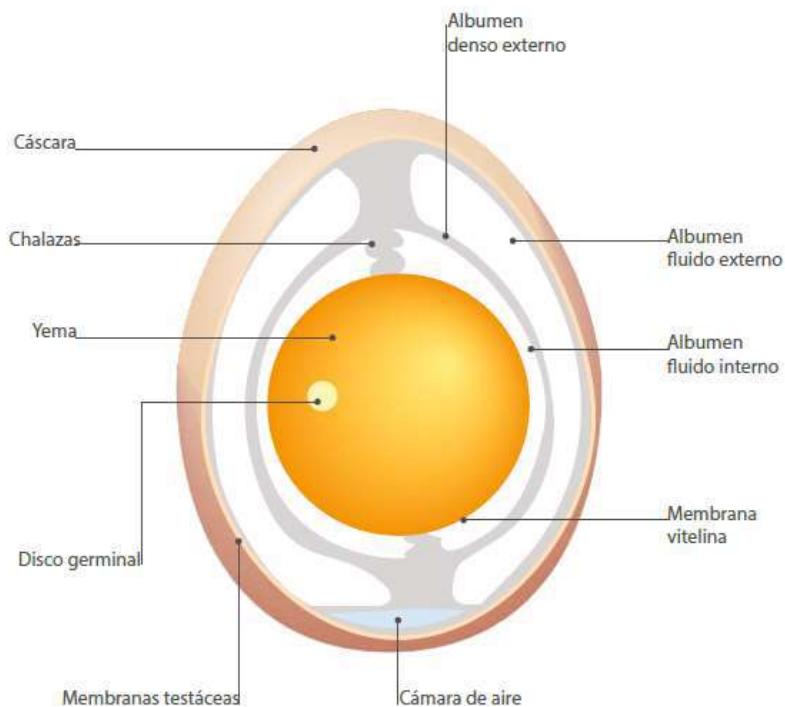


Imagen 1.7 Marcelo Núñez Cabrera.



El huevo es una estructura biológica compleja utilizada como fuente de alimento y como medio para la reproducción en especies ovíparas, como las aves. Su estructura está diseñada para proteger al embrión en desarrollo y proporcionar los nutrientes necesarios para su crecimiento.

### **Partes del huevo:**

- **Cascara:** Es la estructura más externa del huevo y cumple la función de proteger su contenido interno. Está compuesta principalmente por carbonato de calcio, lo que le otorga rigidez, pero al mismo tiempo es porosa, permitiendo el intercambio de gases con el medio ambiente. Su color puede variar entre blanco y marrón, dependiendo de la genética de la gallina.
- **Albumen denso externo:** Se trata de la parte más espesa de la clara y se encuentra en contacto directo con la yema. Su función principal es amortiguar los movimientos de la yema, mantenerla centrada y protegerla de posibles impactos. Además, contiene una alta cantidad de proteínas esenciales para el desarrollo del embrión en caso de fertilización.
- **Albumen fluido externo:** Esta capa de clara es menos densa que la anterior y se encuentra más cerca de la cáscara. Su textura más líquida facilita la absorción de agua y otros nutrientes esenciales. También ayuda en la distribución uniforme del calor cuando el huevo es incubado o cocinado.
- **Albumen fluido interno:** Se ubica entre el albumen denso y la yema, funcionando como una barrera adicional de protección. Su consistencia más acuosa permite que la yema se mantenga suspendida en el centro del huevo, evitando su contacto directo con la cáscara y reduciendo el riesgo de contaminación.
- **Membrana vitelina:** Es la capa que rodea la yema, actuando como una barrera protectora que evita su dispersión dentro del huevo. Su resistencia es un indicador de frescura, ya que con el tiempo esta membrana se debilita, facilitando la ruptura de la yema.
- **Cámara de aire:** Se encuentra en el extremo más ancho del huevo y se forma debido a la contracción del contenido interno después de la puesta. Su tamaño

aumenta a medida que el huevo envejece, ya que la evaporación del agua genera un espacio vacío mayor. Su presencia es fundamental para la respiración del embrión en huevos fertilizados.

- **Membranas testáceas:** Son dos capas delgadas situadas justo debajo de la cáscara, una interna y otra externa. Estas membranas están compuestas principalmente por proteínas y queratina, proporcionando una barrera adicional contra la entrada de bacterias y otros agentes contaminantes.
- **Disco germinal:** Se encuentra en la superficie de la yema y es el lugar donde se inicia el desarrollo embrionario en huevos fertilizados. Es una pequeña estructura circular, de color blanquecino, compuesta por material genético proveniente de la gallina.
- **Yema:** Es la parte más nutritiva del huevo y se encuentra en el centro, rodeada por la clara. Contiene grasas, proteínas, vitaminas y minerales esenciales. Su color varía dependiendo de la alimentación de la gallina, y es la principal fuente de energía para el embrión en desarrollo.
- **Chalazas:** Son dos estructuras fibrosas en forma de espiral que mantienen la yema en el centro del huevo. Estas bandas de proteína están unidas a los extremos del huevo y evitan que la yema se desplace de manera brusca. Son un indicador de frescura, ya que se vuelven menos visibles a medida que el huevo envejece.

El huevo de gallina está compuesto por tres partes fundamentales: la cáscara, la clara (también conocida como albumen) y la yema, cada una con funciones y características específicas. Estas estructuras representan diferentes proporciones dentro de la composición total del huevo. Aproximadamente, la yema constituye el 27% del peso del huevo, la clara equivale al 61% y la cáscara junto con sus membranas representa alrededor del 12%.

La cáscara es la estructura externa y rígida del huevo, cuya función principal es brindar protección al contenido interno. Esta está formada por dos membranas superpuestas, denominadas membranas testáceas: una interna y otra externa. Estas membranas desempeñan un papel esencial en la defensa contra

microorganismos y en el mantenimiento de la frescura del huevo. Su principal componente es la queratina, una proteína estructural que también se encuentra en otros tejidos animales, como plumas y uñas.

Además, la cáscara del huevo posee una cantidad reducida de hidratos de carbono, los cuales están presentes en mínimas proporciones en forma de mucopolisacáridos. Estas sustancias contribuyen a la resistencia mecánica de la cáscara y a su porosidad, facilitando el intercambio gaseoso necesario para la respiración del embrión en caso de fertilización.

La gallina sasso, originaria de Francia, es reconocida por su doble propósito: producción eficiente de carne y huevos. Esta raza se distingue por su rusticidad y adaptabilidad a diversos sistemas de crianza, incluyendo el libre pastoreo y métodos tradicionales. Además, presenta una alta resistencia a enfermedades y una tasa de supervivencia elevada en pollos jóvenes.

Características de los huevos de la gallina SASSO:

- **Color y tamaño:** Los huevos son de color marrón y tienen un peso promedio de 64 gramos.
- **Producción anual:** Una gallina SASSO puede poner hasta 320 huevos al año, lo que la convierte en una opción viable para la producción de huevos en sistemas de doble propósito.
- **Calidad de la cáscara:** Para mantener una buena calidad de la cáscara, es esencial garantizar una ingesta diaria de calcio superior a 4 gramos durante el período de producción.

**Composición nutricional de los huevos:**

El huevo es un alimento altamente nutritivo y una fuente importante de proteínas de alto valor biológico. Su composición nutricional varía entre la clara y la yema.

Macronutrientes del Huevo:

Nutriente	Clara (100g)	Yema (100g)	Huevo entero (100g).
Energía (kcal).	47	322	143
Proteínas (g)	10.9	15.9	12.6
Grasas (g)	0.2	26.5	9.5
Hidratos de carbono (g)	0.7	0.7	0.7
Colesterol (mg)	0	1085	373

**Tabla 2. USDA, 2021.**

El huevo es una excelente fuente de vitaminas y minerales esenciales:

- **Vitaminas:** A, D, E, K, B12, riboflavina, ácido fólico.
- **Minerales:** Hierro, fósforo, zinc, selenio y calcio.

Además, la yema es una fuente de colina, nutriente fundamental para el desarrollo cerebral y la función hepática (Zeisel & da Costa, 2009).

Aunque la composición exacta puede variar según la alimentación y el manejo de las gallinas, en general, los huevos de gallina contienen:

- **Proteínas:** Aproximadamente 6.5 gramos por huevo grande, siendo una fuente completa de aminoácidos esenciales.
- **Grasas:** Alrededor de 5 gramos, incluyendo ácidos grasos insaturados beneficiosos para la salud.
- **Vitaminas y minerales:** Ricos en vitaminas como la B12, riboflavina y vitamina D, además de minerales como el fósforo y el selenio.

Es importante destacar que la calidad nutricional de los huevos está directamente influenciada por la dieta de las gallinas. Una alimentación balanceada y adecuada en nutrientes no solo mejora la salud y productividad de las aves, sino que también enriquece el perfil nutricional de los huevos que producen.

## Requisitos para la Fertilidad e Incubación del Huevo:



**Imagen 1.8 Market, 2023.**

Para que un huevo sea fértil y apto para incubación, deben cumplirse varias condiciones biológicas y ambientales, necesita haber sido fecundado por un gallo antes de la ovulación. Algunas características clave incluyen:

- **Presencia del disco germinal**, que se convierte en disco embrionario tras la fecundación.
- **Ausencia de malformaciones** en la cáscara o membranas.
- **Conservación adecuada** tras la puesta (idealmente a 15-18°C y con una humedad relativa del 75-80%) antes de la incubación (Funk, 2008).

### Condiciones para la Incubación:

Para lograr una incubación exitosa, se requiere controlar temperatura, humedad, ventilación y volteo:

- a) Temperatura:** La temperatura ideal de incubación es 37.5-37.8°C (de 99.5 a 100°F). Temperaturas superiores a 39°C o inferiores a 35°C pueden afectar el desarrollo embrionario (Tullet, 1990).
- b) Humedad:** Durante los primeros 18 días, la humedad debe mantenerse entre 50-55%.

Durante los últimos tres días (fase de eclosión), la humedad debe aumentarse a 65-75% para facilitar la ruptura de la cáscara (Decuypere & Bruggeman, 2007).

- c) Ventilación: El intercambio gaseoso es esencial para el desarrollo del embrión. Se recomienda mantener un flujo de oxígeno adecuado dentro de la incubadora (Ar, 1991).
- d) Volteo: Los huevos deben ser volteados mínimo 3-5 veces al día hasta el día 18 para evitar que el embrión se adhiera a la membrana (Deeming, 2002).

El huevo es una estructura compleja con una composición química que le permite ser una excelente fuente de nutrición para los humanos y, al mismo tiempo, un medio de desarrollo para el embrión en especies ovíparas. Su valor nutricional radica en su alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales esenciales. Para que un huevo sea fértil y apto para la incubación, debe ser fecundado y almacenado en condiciones adecuadas antes y durante el proceso de incubación.

## Capítulo IV Metodología.

### 4.1 Tipo de metodología: Diseño experimental.

Para lograr alcanzar el objetivo y los objetivos específicos de este diseño experimental y cuantitativo, se llevó a cabo una evaluación del efecto de la espirulina como suplemento alimenticio en aves. Utilizándose 50 pollitos, los cuales se dividieron en dos tratamientos con 25 repeticiones cada uno:

- **Tratamiento testigo:** Alimentación basada exclusivamente en alimento comercial.
- **Tratamiento con espirulina al 5%:** Dieta compuesta por 95% de alimento comercial y 5% de espirulina seca.

### 4.2 Manejo de las aves:

Las aves se adquirieron a los 3 días de nacidas y fueron transportadas hasta las instalaciones experimentales. Al llegar, se realizó un proceso de pesaje inicial, tomando una muestra de 10 pollitos por tratamiento de manera aleatoria. Con

estos datos, se calculó el peso promedio inicial de cada grupo, lo que permitió establecer una línea base para evaluar la evolución del crecimiento.

Los pollitos se distribuyeron en dos galpones independientes, con 25 aves por galpón, correspondientes a cada tratamiento. Para reducir el estrés ocasionado por el transporte y prevenir posibles infecciones, se administró un multivitamínico y antibiótico de amplio espectro nombrado “Ruuviotic” a ambos grupos por igual, evitando que esta variable afectara los resultados del estudio.

Los galpones fueron desinfectados minuciosamente antes del ingreso de las aves, y se utilizó aserrín como material de cama, proporcionando una superficie adecuada para la movilidad y absorción de excretas. Para mantener una temperatura óptima, especialmente durante las primeras semanas, se instalaron calefactores eléctricos de 1000 watts en cada galpón, los cuales se ajustaron según las necesidades térmicas de las aves a medida que crecían.

Cada tratamiento contó con su propio sistema de comederos y bebederos independientes, con acceso ad libitum al alimento y al agua. Se monitorearon diariamente factores ambientales como la temperatura, humedad y ventilación, ajustando las condiciones cuando fue necesario para asegurar el bienestar de los pollitos durante todo el experimento.



**Imagen 1. 9 pollos sasso francés.**

### **4.3 Evaluación del crecimiento y recolección de datos:**

El monitoreo del crecimiento de las aves se realizó mediante pesajes semanales. Cada semana, se seleccionaron 5 pollitos de forma aleatoria por tratamiento, y se registró su peso individual utilizando una balanza digital de precisión. Con estos datos, se calculó el peso promedio semanal para cada grupo, lo que permitió evaluar la evolución del crecimiento y detectar posibles diferencias entre tratamientos a lo largo del tiempo.

Este muestreo se llevó a cabo siempre bajo las mismas condiciones, procurando minimizar el estrés durante la manipulación de las aves. Además del peso, se registraron observaciones sobre el comportamiento general, apariencia de las plumas y nivel de actividad de las aves, con el fin de tener un panorama más completo del efecto del suplemento de espirulina en su desarrollo.

### **T de student:**

La prueba "t de Student" es una herramienta estadística utilizada para determinar si existe una diferencia significativa entre las medias de dos conjuntos de datos. Esta prueba es especialmente útil cuando se trabaja con muestras pequeñas y se desconoce la desviación estándar de la población. (Ortega, 2023). Su propósito principal es evaluar si las diferencias observadas entre las medias de dos grupos son atribuibles al azar o reflejan una diferencia real en las poblaciones de origen.

La prueba t fue desarrollada en 1908 por el estadístico británico William Sealy Gosset, quien trabajaba en la cervecería Guinness en Dublín. Debido a restricciones de la empresa sobre la publicación de investigaciones, Gosset utilizó el seudónimo "Student" al publicar su trabajo, de ahí el nombre "prueba t de Student". Su objetivo era crear un método para controlar la calidad de la cerveza mediante el análisis de pequeñas muestras, lo que llevó al desarrollo de esta prueba estadística.

### **Tipos de pruebas t de Student**



Existen varios tipos de pruebas t, cada una adecuada para diferentes situaciones:

- **Prueba t de una muestra:** Se utiliza para determinar si la media de una sola muestra difiere significativamente de un valor conocido o hipotético.
- **Prueba t para muestras independientes:** Compara las medias de dos grupos independientes para evaluar si existen diferencias significativas entre ellos. Es esencial que las muestras sean independientes y que las poblaciones de origen tengan distribuciones normales.
- **Prueba t para muestras dependientes (pareadas):** Se aplica cuando las mismas unidades estadísticas son medidas en dos condiciones diferentes, como en estudios antes y después de una intervención. Este enfoque controla la variabilidad individual al comparar cada sujeto consigo mismo.

### **Suposiciones y consideraciones**

Para que los resultados de la prueba t de Student sean válidos, se deben cumplir ciertas suposiciones:

- **Normalidad:** Los datos deben seguir una distribución aproximadamente normal. Si las muestras son pequeñas, la prueba es sensible a desviaciones de la normalidad.
- **Homogeneidad de varianzas:** En la prueba t para muestras independientes, se asume que las varianzas de las dos poblaciones son iguales. Si esta condición no se cumple, se puede utilizar la prueba t de Welch, que ajusta los grados de libertad para corregir la discrepancia.
- **Independencia:** Las observaciones dentro de cada muestra y entre muestras deben ser independientes entre sí.

### **Aplicaciones prácticas**

La prueba t de Student se aplica en diversos campos, como la psicología, la medicina y las ciencias sociales, para comparar promedios entre grupos. Por

ejemplo, en ensayos clínicos, se puede utilizar para evaluar la eficacia de un nuevo tratamiento comparando la presión arterial promedio de pacientes antes y después de la intervención.

### **Análisis estadístico inicial de peso en pollitos.**

Para validar que las muestras seleccionadas eran equitativas al inicio del experimento, se realizó una prueba “t de student” para muestras independientes. El objetivo fue determinar si existía una diferencia significativa en el peso de los pollitos a los 3 días de nacidos, antes de iniciar el tratamiento.

Se trabajó con un lote de 25 pollitos por grupo (tratamiento y testigo), de los cuales se seleccionaron 5 individuos al azar por grupo para realizar la evaluación inicial del peso (en gramos).

<b>GRUPO TESTIGO</b>	<b>GRUPO TRATAMIENTO</b>
30	33
27	39
28	28
37	31
35	30

Tabla 3. Pesos iniciales.

### **Procedimiento estadístico:**

Se aplicó la fórmula de la prueba t de student para muestras independientes, que se expresa como:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

**Dónde:**

- t: estadístico t.
- $\bar{x}_1$  y  $\bar{x}_2$ : medias de los grupos control y tratamiento.
- $s_1^2$  y  $s_2^2$ : varianzas muestrales de los grupos control y tratamiento.
- $n_1$  y  $n_2$ : tamaños de muestra (en este caso, 5 para cada grupo).

**Resultados:**

- Media del grupo control ( $\bar{x}_1$ ): 31.4 g.
- Media del grupo tratamiento ( $\bar{x}_2$ ): 32.2 g.
- Varianza del grupo control ( $s_1^2$ ): 19.3 g.
- Varianza del grupo tratamiento ( $s_2^2$ ): 17.7 g.
- Tamaño de muestra en cada grupo: 5

Sustituyendo los valores en la fórmula:

$$t = \frac{31.4 - 32.2}{\sqrt{\frac{19.3}{5} + \frac{17.7}{5}}} = -0.29$$

Se calcularon los grados de libertad:

$$gl = n_1 + n_2 - 2 = 5 + 5 - 2 = 8$$

y se obtuvo el valor p asociado:

$$p = 0.776.$$

**Resultados de la fórmula de la prueba t:**

- **Promedio testigo:** 31.4 g.
- **Promedio tratamiento:** 32.2 g.
- **Valor t:** -0.29

- **Valor p:** 0.776

Dado que  $p > 0.05$ , no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los pesos iniciales, lo que indica que las muestras seleccionadas eran homogéneas en cuanto a peso. Esto permitió continuar con el experimento, partiendo de grupos balanceados para evaluar el efecto del tratamiento sin sesgo inicial por diferencia de peso.

#### **4.4 Fotoperiodo:**



**Imagen 2. Iluminación de los pollitos.**

Se estableció un fotoperiodo controlado para ambos tratamientos, ajustando progresivamente las horas de luz a lo largo de las semanas, con el objetivo de simular las condiciones ideales para el crecimiento de las aves:

Semana 1: 18 horas de luz y 6 horas de oscuridad.

Semana 2: 15 horas de luz y 9 horas de oscuridad.

Semana 3: 14 horas de luz y 10 horas de oscuridad.

Semana 4 en adelante: 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad.

La iluminación se controló mediante lámparas incandescentes mientras fueron necesarias y con Luz natural mientras era de día, todo este control se realizó de forma manual.

#### **4.5 Registro del consumo de alimento y agua.**

Para evaluar la conversión alimenticia, se llevó un control riguroso del alimento suministrado a las aves desde el primer día del experimento. El alimento se pesó antes de ser ofrecido a cada tratamiento, registrando semanalmente la cantidad proporcionada en kilogramos, lo que permitió calcular con precisión la cantidad ingerida por las aves durante cada periodo.

De manera complementaria, se monitoreó el consumo de agua en ambos tratamientos. Se midió el volumen de agua suministrado en litros, registrando también el agua sobrante para determinar el consumo real. Esta medición se realizó con el objetivo de analizar si la suplementación con espirulina influye en la ingesta hídrica de las aves, proporcionando información adicional sobre su impacto en el metabolismo y el comportamiento de consumo.

#### **4.6 Comportamiento y actividad de las aves.**

Paralelamente, se realizaron observaciones cualitativas del comportamiento de las aves en ambos galpones. Estas observaciones se registraron en bitácoras de campo, anotando aspectos como:

Nivel de actividad (aves más activas o letárgicas).

Interacciones sociales (agresividad, cohesión del grupo).

Señales de estrés (jadeo, temblores, vocalización excesiva).

Postura y apariencia (aves encorvadas, plumas erizadas, brillo de las plumas).

El objetivo de estas observaciones fue detectar posibles diferencias en el bienestar de las aves entre los tratamientos, evaluando si la espirulina podría influir en la respuesta al estrés o en la conducta general de los pollitos.

Todos estos registros se recopilaron semanalmente y formarán parte del análisis final para correlacionar los datos productivos con el comportamiento y la salud general de las aves.

#### **4.7 Obtención y procesamiento de la espirulina.**

La espirulina utilizada como suplemento alimenticio para las aves fue cultivada y recolectada directamente de un estanque de peces con un volumen de 110,000 litros de agua. Para su separación y posterior secado, se implementó un sistema de filtrado artesanal que permitió recolectar la biomasa de espirulina sin afectar el ambiente acuático de los peces ni comprometer la calidad del agua del estanque. Este proceso de recolección y secado fue clave para obtener un suplemento limpio y apto para la dieta de las aves.

#### **4.8 Proceso de filtrado:**

Se reinstaló una bomba centrífuga en el estanque para facilitar la circulación del agua hacia el sistema de filtrado. Esta bomba impulsaba el agua cargada de espirulina hacia un filtro artesanal, diseñado específicamente para retener las partículas de la microalga. El filtro se fabricó con un material tipo mantas cielo, conocido por su capacidad para capturar partículas finas, lo que permitió separar la espirulina sin necesidad de utilizar equipos industriales sofisticados.

El agua bombeada atravesaba el filtro, quedando las partículas de espirulina adheridas a la superficie del material filtrante, mientras que el agua limpia retornaba al estanque. La bomba se mantuvo funcionando durante un periodo continuo de 24 horas, tiempo suficiente para que una cantidad considerable de biomasa se acumulara en el filtro. Esta recirculación constante permitió recolectar la espirulina sin vaciar el estanque ni interrumpir la vida de los peces, manteniendo así el equilibrio del ecosistema acuático.

Al finalizar el periodo de filtrado, se retiraba cuidadosamente el filtro para proceder a la recolección de la biomasa adherida. La espirulina capturada presentaba una textura viscosa y húmeda, por lo que era necesario realizar un secado adecuado para su posterior incorporación a la dieta de los pollitos.

#### **4.9 Secado y triturado de la espirulina:**

Una vez recolectada la espirulina, esta se extendía de manera uniforme sobre una charola de aluminio o bandeja plana, asegurándose de distribuir la biomasa en una capa fina para acelerar el proceso de secado. Antes de iniciar la etapa de secado, la espirulina se prensaba ligeramente para eliminar el exceso de agua retenida, facilitando así la evaporación de la humedad restante durante la exposición al sol.

Las charolas con la espirulina prensada se colocaban a la intemperie, en un área expuesta a la luz solar directa, donde permanecían durante el día hasta alcanzar un secado completo. Dependiendo de las condiciones climáticas, el tiempo de secado podía variar, pero se procuraba remover ocasionalmente la biomasa para asegurar un secado más uniforme y evitar la formación de grumos o áreas húmedas que pudieran favorecer el crecimiento de hongos o bacterias no deseadas.

Una vez seca, la espirulina adquiría una textura quebradiza, lo que facilitaba su procesamiento. Dado que la biomasa se volvía frágil, no fue necesario utilizar un molino o equipo especializado para triturarla. En su lugar, la espirulina seca se desmenuzaba manualmente, rompiéndose fácilmente con las manos hasta obtener fragmentos pequeños y manejables, lo que simplificó significativamente el proceso y permitió conservar la integridad del producto sin someterlo a procesos mecánicos que pudieran degradar sus nutrientes.

##### **4.9.1 Almacenamiento y conservación**

Para garantizar la estabilidad y calidad de la espirulina hasta su uso en los tratamientos experimentales, se implementó un proceso de almacenamiento controlado. Después del secado y triturado, la espirulina se pesaba

cuidadosamente con una balanza digital, para luego ser empacada en bolsas selladas herméticas. Estas bolsas ayudaron a prevenir la absorción de humedad del ambiente, protegiendo la espirulina de la degradación y evitando la proliferación de microorganismos.

Las bolsas selladas se almacenaron en un lugar fresco, seco y oscuro, lejos de la exposición directa a la luz solar o a fuentes de calor, con el objetivo de preservar las propiedades nutricionales de la espirulina, como su alto contenido de proteínas, vitaminas y antioxidantes. De esta manera, se aseguró que el suplemento mantuviera su valor biológico hasta el momento de ser incorporado en la dieta de los pollitos.

#### **4.9.2 Pesaje y preparación de la mezcla**

Una vez seca, triturada y almacenada, la espirulina se utilizó para la preparación del tratamiento experimental. El suplemento se pesaba con precisión utilizando una balanza digital, asegurando que la cantidad utilizada fuera exacta para mantener la proporción establecida en la dieta. Para el tratamiento con espirulina, se preparaba una mezcla compuesta por:

95% de alimento comercial balanceado

5% de espirulina seca triturada.

La mezcla se realizaba de forma minuciosa, revolviendo constantemente hasta lograr una distribución uniforme de la espirulina en todo el alimento. Esto garantizó que las aves consumieran la espirulina de manera homogénea, evitando que seleccionaran solo ciertos componentes de la dieta o que la espirulina quedara acumulada en el fondo de los comederos.





## **Capitulo V. Resultado, conclusiones y recomendaciones.**

# Anexos

## Semana 1



## Semana 2. Pesos.



<b>GRUPO TESTIGO</b>	<b>GRUPO TRATAMIENTO</b>
138	145
175	139
160	179
178	172
149	171

**Tabla 1.4 Pesos semana 2.**

## Bibliografía:

- Portal de Gobierno. (s. f.). Gobierno del Estado de Chiapas. Recuperado 17 de febrero de 2025, de <https://www.chiapas.gob.mx/ubicacion/>
- Ecosostenible. (2023, 9 marzo). Arthrospira platensis. Un Mundo Ecosostenible. <https://antropocene.it/es/2023/03/09/arthrospira-platensis-3/>
- Romero, C. I. P., & Vega, B. o. A. (2023). Del tecuitlatl azteca a la Spirulina: un recurso biotecnológico. *Recursos Naturales y Sociedad*, 9(2), 91-106. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2023.09.09.02.0008>
- Wu, J. Y., Tso, R., Teo, H. S., & Haldar, S. (2023). The utility of algae as sources of high value nutritional ingredients, particularly for alternative/complementary proteins to improve human health. *Frontiers In Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1277343>
- Acosta, M. B. (2020, 22 junio). Algas verdes: qué son, características, tipos y ejemplos. *ecologiaverde.com*. <https://www.ecologiaverde.com/algas-verdes-que-son-caracteristicas-tipos-y-ejemplos-2839.html>
- Mansilla A, Alveal K. 2004. Generalidades sobre las macroalgas. En: Werlinger C, Alveal K, Romo H, eds. *Biología marina y oceanografía: Conceptos y procesos*. Chile: Consejo Nacional del Libro y la Lectura. p 352.
- Mansilla A, Alveal K. 2004 Generalidades sobre macroalgas. Capítulo 16. En *Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos*. Editor Werlinger C. Editorial Concepción Gobierno de Chile consejo nacional del libro y la lectura. p 351, 696.
- Luis, M. V. J. (2014, 30 septiembre). Las algas rojas. *Naturaleza y Turismo*. <https://www.asturnatura.com/temarios/biologia/algas/algas-rojas>
- Brenes, A. A. (2023, July 14). ALGA ROJA: UNA JOYA DE LA NATURALEZA. Albalab Bio Cosmética Natural. <https://www.albalab.es/alga-roja-una-joya-de-la-naturaleza/>
- EcoExploratorio. (2022, 26 agosto). Algas marinas - EcoExploratorio: Museo de Ciencias de Puerto Rico. EcoExploratorio: Museo de Ciencias de Puerto Rico. <https://ecoexploratorio.org/vida-en-el-mar/especies-marinas/algas-marinas/>

- Thomann, M. L. (2023, 11 septiembre). Origen y evolución de la gallina. *expertoanimal.com*. <https://www.expertoanimal.com/origen-y-evolucion-de-la-gallina-26619.html>
- Sasso Chickens - Oklahoma State University. (2023, 8 diciembre). <https://breeds.okstate.edu/poultry/chickens/sasso-chickens.html>
- Sánchez, N. (2023, 24 julio). *El origen del pollo... Qué fue antes: ¿el huevo o la gallina?* La Abuela Marga. <https://laabuelamarga.com/actualidad/que-fue-antes-el-huevo-o-la-gallina-origen-del-pollo/>
- BirdNote. (2023, 21 febrero). Una breve historia sobre el pollo moderno. *Audubon*. <https://www.audubon.org/es/news/una-breve-historia-sobre-el-pollo-moderno>
- Ortega, C. (2023, October 5). Prueba t: Qué es, ventajas y pasos para realizarla. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/prueba-t-de-student/>
- colaboradores de Wikipedia. (2025, February 5). *Prueba t de Student*.

Wikipedia, La Enciclopedia Libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Prueba\\_t\\_de\\_Student](https://es.wikipedia.org/wiki/Prueba_t_de_Student)

- La prueba t. (n.d.). Introduction to Statistics | JMP. <https://www.jmp.com/es/statistics-knowledge-portal/t-test>
- De Trabajitos, V. T. L. E. (2023, January 20). Las partes del huevo. Trabajitos Blog. <https://trabajitosblog.wordpress.com/2023/01/20/las-partes-del-huevo/>
- Anton, M., & Gandemer, G. (1997). Composition, solubility and emulsifying properties of granules and plasma of egg yolk. *Journal of Food Science*, 62(3), 484-487. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb04412.x>
- Ar, A. (1991). Roles of water in avian eggs. *Critical Reviews in Poultry Biology*, 3(3), 229-252.
- Decuyper, E., & Bruggeman, V. (2007). The endocrine interface of environmental and egg factors affecting chick quality. *Poultry Science*, 86(5), 1037-1042. <https://doi.org/10.1093/ps/86.5.1037>

- Deeming, D. C. (2002). Avian incubation: Behavior, environment, and evolution. Oxford University Press.
- Funk, E. M. (2008). Incubation and fertility in poultry. *National Agricultural Library*.
- Mine, Y. (2008). Egg proteins and peptides: Chemistry, functionality, and bioactive properties. *John Wiley & Sons*.
- Romanoff, A. L., & Romanoff, A. J. (2012). The avian egg. *Wiley*.
- Stadelman, W. J., & Cotterill, O. J. (2001). Egg science and technology. CRC Press.
- Tullet, S. G. (1990). Science and poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 46(2), 141-163.
- USDA (2021). FoodData Central. United States Department of Agriculture.
- Zeisel, S. H., & da Costa, K. A. (2009). Choline: An essential nutrient for public health. *Nutrition Reviews*, 67(11), 615-623. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00246.x>
- Gallit. (2024, July 13). Aparato reproductor del gallo - Gallinarius. *Gallinarius*. <https://gallinarius.com/aparato-reproductor-gallo>
-