



Universidad Internacional de La Rioja  
Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Máster Universitario en Ingeniería Matemática y Computación

## Modelado comparativo de las propiedades químicas y físicas de los huevos criollos y comerciales con técnicas multivariantes

|                                        |                                  |
|----------------------------------------|----------------------------------|
| Trabajo fin de estudio presentado por: | Abraham Adalberto Bayas Zamora   |
| Tipo de trabajo:                       | Tipo 2: Aplicación práctica real |
| Director/a:                            | Francisco Israel Chicharro López |
| Fecha:                                 | 22/07/2021                       |

## Resumen

El propósito de este estudio es evaluar la composición química y física del huevo de gallinas criollas y gallinas comerciales para realizar un análisis comparativo de dichas propiedades, que permita conocer el contenido de proteína y luego realizar la clasificación. En la investigación se utilizaron 250 huevos criollos y 250 huevos comerciales. Los huevos criollos en estudio provenían de las comunidades con nombres; El Nuevo Lechugal, El Ajizal, Peñafiel, La Mariana y Garza Grande, frente a los huevos comerciales de las marcas San Francisco e Indaves. Las variables evaluadas se las realizaron en base húmeda y base seca, sin embargo, en el presente trabajo solo se considera la condición de base seca ya que es esa condición que permite poner a todas las variables al mismo nivel, con esta consideración, las variables químicas son proteína, ext. etéreo, ceniza, E.L.N.N; y las variables físicas son diámetro longitudinal, diámetro transversal, peso. La descripción de los resultados se basó en la prueba de normalidad de datos a cada variable del problema para determinar si las muestras se ajustan o no a una distribución normal, los parámetros se representaron en histogramas de frecuencias. Para contrastar la hipótesis se realizó la prueba no paramétrica de Kolmogorov y Smirnov. Luego se realizó un análisis de regresión lineal simple para verificar la linealidad de los datos entre la variable dependiente y la variable independiente, luego se realizó un análisis discriminante entre los huevos criollos y comerciales. Finalmente se presentó dos grupos bien definidos basado en su contenido de proteína y el diámetro longitudinal, variables que permiten la clasificación de los huevos criollos proveniente El Nuevo Lechugal, El Ajizal, Peñafiel, La Mariana y Garza Grande, frente a los huevos comerciales San Francisco e Indaves, además permite conocer que grupo contiene mayor proteína, en función de su linealidad con la variable peso.

**Palabras clave:** huevos criollos, huevos comerciales, composición química, composición física, contraste hipótesis, técnicas discriminantes

## Abstract

The purpose of this study is to evaluate the chemical and physical composition of the egg of Creole hens and commercial hens to carry out a comparative analysis of these properties, which allows knowing the protein content and then performing the classification. 250 Creole eggs and 250 commercial eggs were used in the research. The creole eggs under study came from the communities with names; El Nuevo Lechugal, El Ajizal, Peñafiel, La Mariana and Garza Grande, compared to commercial eggs from the San Francisco and Indaves brands. The variables evaluated were performed on a wet basis and a dry basis, however, in the present work only the dry basis condition is considered since it is that condition that allows all the variables to be put at the same level, with this consideration, the variables Chemicals are protein, ext. ethereal, ash, E.L.N.N; and the physical variables are longitudinal diameter, transverse diameter, weight. The description of the results was based on the data normality test for each variable of the problem to determine whether or not the samples fit a normal distribution, the parameters were represented in frequency histograms. To contrast the hypothesis, the non-parametric Kolmogorov and Smirnov test was performed. Then a simple linear regression analysis was performed to verify the linearity of the data between the dependent variable and the independent variable, then a discriminant analysis was performed between Creole and commercial eggs. Finally, two well-defined groups were presented based on their protein content and longitudinal diameter, variables that allow the classification of Creole eggs from El Nuevo Lechugal, El Ajizal, Peñafiel, La Mariana and Garza Grande, compared to commercial eggs San Francisco. and Indaves, also allows us to know which group contains the most protein, based on its linearity with the weight variable.

**Keywords :** Creole eggs, commercial eggs, chemical composition, physical composition, hypothesis contrast, discriminant techniques

## Índice de contenidos

|        |                                                       |    |
|--------|-------------------------------------------------------|----|
| 1.     | Introducción .....                                    | 1  |
| 1.1.   | Justificación .....                                   | 2  |
| 1.2.   | Planteamiento del trabajo .....                       | 4  |
| 1.3.   | Estructura del trabajo .....                          | 4  |
| 2.     | Contexto y estado del arte .....                      | 6  |
| 2.1.   | Contexto .....                                        | 6  |
| 2.1.1. | Gallinas criollas .....                               | 6  |
| 2.1.2. | El huevo.....                                         | 7  |
| 2.1.3. | Beneficios de consumir huevos para la salud .....     | 11 |
| 2.1.4. | Contraste de hipótesis .....                          | 14 |
| 2.1.5. | Técnicas multivariantes .....                         | 15 |
| 2.1.6. | Herramientas informáticas para estadística.....       | 17 |
| 2.2.   | Estado del arte .....                                 | 18 |
| 2.2.1. | El huevo criollo y los estudios comparativos.....     | 18 |
| 2.2.2. | Diferencias entre huevos criollos e industriales..... | 26 |
| 2.2.3. | Pruebas estadísticas.....                             | 28 |
| 2.2.4. | Técnicas multivariantes .....                         | 32 |
| 2.3.   | Modelos alternativos .....                            | 38 |
| 3.     | Objetivos concretos y metodología de trabajo .....    | 39 |
| 3.1.   | Objetivos .....                                       | 39 |
| 3.2.   | Metodología del trabajo .....                         | 39 |
| 3.3.   | Identificación de requisitos .....                    | 42 |
| 4.     | Descripción del modelo y resultados obtenidos .....   | 46 |

|      |                                                          |    |
|------|----------------------------------------------------------|----|
| 4.1. | Prueba de normalidad de las variables .....              | 46 |
| 4.2. | Contraste de hipótesis .....                             | 53 |
| 4.3. | Regresión lineal simple .....                            | 58 |
| 4.4. | Análisis discriminante .....                             | 60 |
| 4.5. | Contraste de hipótesis V.S. Análisis discriminante ..... | 63 |
| 5.   | Conclusiones y trabajo futuro .....                      | 65 |
| 5.1. | Conclusiones .....                                       | 65 |
| 5.2. | Líneas de trabajo futuro .....                           | 65 |
|      | Referencias bibliográficas .....                         | 66 |

## Índice de figuras

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1: Huevos consumidos por persona en Ecuador. Fuente. (Conave, 2019)..... | 8  |
| Ilustración 2: Esquema del diseño de la investigación. Fuente propia. ....           | 40 |
| Ilustración 3: Procesos de los resultados obtenidos .....                            | 46 |
| Ilustración 4: Histograma de frecuencias en los huevos criollos.....                 | 49 |
| Ilustración 5: Histogramas de frecuencias en huevos comerciales.....                 | 51 |
| Ilustración 6: Gráfico de dispersión de la variable proteína.....                    | 60 |

## Índice de tablas

|                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Tabla 1.</i> Clasificación del huevo según el peso. Fuente. (Torrado, 2017) .....                                                                                            | 8  |
| <i>Tabla 2.</i> Medición externa de huevos de gallina criolla michoacana. Fuente. (Juárez C. A., Gutiérrez, Segura, & Santos, 2010).....                                        | 20 |
| Tabla 3: Propiedades físicas de los huevos de gallina (Andrade, y otros, 2015).....                                                                                             | 22 |
| Tabla 4. Peso, índice de cáscara y cáscara de huevo asociados con el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente. Fuente. (Ramírez, González, Andrade, & Torres, 2016)..... | 23 |
| Tabla 5: Peso y densidad de los huevos (Quitral, Donoso, & Acevedo, 2017) .....                                                                                                 | 26 |
| Tabla 6: Componentes del huevo (en porcentajes) (Quitral, Donoso, & Acevedo, 2017) .....                                                                                        | 27 |
| Tabla 7: Análisis químico proximal realizado a la clara de huevos (Quitral, Donoso, & Acevedo, 2017).....                                                                       | 27 |
| Tabla 8: Análisis químico proximal realizado a la yema de huevos (Quitral, Donoso, & Acevedo, 2017) .....                                                                       | 28 |
| Tabla 9. Tipos de distribuciones de probabilidad. (Romero, 2016).....                                                                                                           | 29 |
| Tabla 10: Clasificación métodos Multivariantes según enfoque y objetivos (Quero Virla & Inciarte Pirela, 2012).....                                                             | 35 |
| Tabla 11: Pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.....                                                                                                                      | 47 |
| Tabla 12: Análisis estadístico de asimetría y curtosis de las variables químicas y físicas de los huevos criollos .....                                                         | 49 |
| Tabla 13: Análisis estadístico de asimetría y curtosis de las variables químicas de los huevos comerciales.....                                                                 | 52 |
| Tabla 14: Prueba Rho de Spearman para la variación química y física en huevos criollos y comerciales.....                                                                       | 55 |
| Tabla 15: Criterio de escala de valores del coeficiente correlación para la prueba Rho de Spearman para variables químicas y físicas de los huevos.....                         | 57 |

|                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 16: Criterio de escala de valores del coeficiente correlación para la prueba Rho de Spearman para variables químicas y físicas de los huevos..... | 58 |
| Tabla 17: Correlaciones entre Proteína y Peso.....                                                                                                      | 58 |
| Tabla 18: Coeficientes.....                                                                                                                             | 59 |
| Tabla 19: Resumen del modelo expresado en porcentaje .....                                                                                              | 59 |
| Tabla 20: Prueba de igualdad de medias grupales .....                                                                                                   | 61 |
| Tabla 21: Logaritmo de los determinantes.....                                                                                                           | 61 |
| Tabla 22: Resultados de prueba M de box para grupos .....                                                                                               | 62 |
| Tabla 23: Autovalores .....                                                                                                                             | 62 |
| Tabla 24: Lambda de Wilks .....                                                                                                                         | 63 |
| Tabla 25: Coeficientes de función discriminante canónica estandarizados.....                                                                            | 63 |

## 1. Introducción

Actualmente, la genética, la nutrición, la terapia y los avances en el manejo de la crianza han permitido que las aves de corral alcancen altos rendimientos productivos. Sin embargo, la característica principal del sistema industrial avícola es la superpoblación por unidad de superficie, lo que provoca cambios en el comportamiento, como la competencia por la comida, el agua y el espacio para el descanso, el aumento de temperatura y la saturación química de la zona, lo que conlleva cambios en su bienestar (Fao, 2015).

Esto provoca el uso frecuente de vacunas y productos químicos antimicrobianos para evitar brotes de enfermedades. Además, una vez finalizado el tratamiento, es posible que se encuentren residuos químicos en la carne o huevos de aves de corral, puede ser perjudicial para la salud del consumidor.

En los últimos años, la producción animal sin restricciones ha aumentado rápidamente en muchos países. Esto es para satisfacer la creciente demanda de alimentos para animales que no contengan hormonas residuales, antibióticos ni productos químicos peligrosos, y que también tengan un mejor valor nutricional por parte de los consumidores. Además, las razas de pollos criollos / nativos están desempeñando un papel importante para el sector rural pobre y marginado de la población con respecto a sus ingresos subsidiarios y también les proporcionan huevos y carne de gallina nutritivos para su propio consumo (Márquez, 2008).

La gallina ponedora criolla, en un sistema extensivo por pequeños agricultores de las tierras altas y regiones de Ecuador, comprende una gran variedad de biotipos y se caracteriza por una baja producción, pero alta resistencia a enfermedades.

Mejorar la forma en que se crían las gallinas se puede utilizar como alternativas para perfeccionar la alimentación y los ingresos en la población rural y el suministro de huevos orgánicos al mercado. Sin embargo, existe un vacío en el conocimiento de la fisiología y la composición química de los huevos de esta raza en comparación con los de las razas de sistema de cría intensiva (Márquez, 2008).

El huevo es un alimento de la naturaleza, esencial para una alimentación según algunos estudios, siendo recomendado por médicos para que se incluya en la dieta diaria.

### 1.1. Justificación

Las propiedades del huevo son de importancia para las industrias de cría de aves de corral, sin embargo, el desarrollo embrionario del huevo de gallina depende de características como peso del huevo, peso de yema y la línea genética, aunque involucra algunos factores. Por el contrario, se sabe poco sobre la composición de los huevos criollos en comparación con las comerciales, motivo por el cual se pretende evaluar la composición química y física del huevo de gallinas ponedoras criollas y los huevos de gallinas comerciales en un sistema amplio e intensivo.

Los huevos juegan un papel muy importante en la dieta, por la concentración de nutrientes aminoácidos esenciales, ácidos grasos, algunos minerales, etc. Derbyshire y Gibson (2010), sostienen que el consumo de tres huevos por semana para las mujeres y cuatro para los hombres representan el 2% de la energía, requerimiento diario de 3% de proteína, 3% de ácidos grasos saturados y 5% en ácidos grasos monoinsaturados. Además, la cáscara de huevo se ha estudiado en el control de la osteopenia y la osteoporosis en mujeres posmenopáusicas.

La producción comercial de huevos en la provincia de Los Ríos, durante los últimos cinco años ha aumentado considerablemente, por tanto, existe una gran demanda porque se relaciona con una dieta equilibrada. La presente investigación tiene como objetivo comparar huevos de distinta procedencia considerando parámetros físicos – químicos, utilizando técnicas multivariantes y contraste de hipótesis para establecer el modelo comparativo de las propiedades de los huevos criollos y comerciales.

Hace décadas comer demasiados huevos era considerado perjudicial para la salud e incluso una nueva evidencia sobre el colesterol, la British Heart Foundation (BHF) canceló la recomendación de limitar la ingesta semanal de huevos a tres huevos en 2007.

Los estudios han demostrado que el 26% de los encuestados tienen niveles elevados de colesterol sérico. Según (CENAN, 2006) en una encuesta nacional de índices nutricionales y bioquímicos asociados con enfermedades crónico-degenerativas, este hallazgo es ligeramente superior a la prevalencia de hipercolesterolemia en el grupo de edad de 20 a 60 años (18,5%).

De manera similar, en este estudio, los lípidos en sangre aumentan con la edad, también se encontró una tendencia similar en las encuestas de los países antes mencionados.

Se debería de tener la misma calidad de huevo de grandes producciones comparado con el de granja, por lo que, hoy en día la industria de producción de huevos generalmente se enfoca en mejorar la producción y la eficiencia de procesamiento; así como existe enorme preocupación por el desempeño, bienestar y desarrollo de la nutrición animal, en este caso de las gallinas.

Los residentes rurales y urbanos también provocaron un debate sobre qué es mejor entre los huevos criollos y los comerciales cuando se trata de distinguir entre parámetros nutricionales y físicos. La mayoría de los datos involucrados, la relación entre estas diferencias nutricionales confirma que las propiedades del huevo varían según el sistema de alimentación de ponedoras. En este caso, cuanto mayor sea la calidad de los nutrientes que recibe el pollo en la dieta, menor será la producción de alimento y, por tanto, mayor será la calidad de los nutrientes en los huevos, para establecer estas diferencias se desarrolla este trabajo utilizando un modelado comparativo con análisis discriminante y contraste de hipótesis.

La diferencia de las propiedades entre los huevos criollos y comerciales se basa en las propiedades tanto físicas como químicas, estos indicadores que a su vez depende si son gallinas manejadas en el campo o en un sistema de traspatio donde generalmente se les provee mínimos cuidados a diferencia de los huevos comerciales que provienen de gallinas que son sometidas a programas de mejoramiento genético, así lo manifiesta con base a este pronunciamiento es factible realizar el estudio de la calidad del huevo (Juárez C. A., Gutiérrez, Segura, & Santos, 2010).

En el mundo de los huevos, uno de los parámetros clave para analizar la preferencia de consumo es la calidad; que tiene relación lógica según el origen de las gallinas criollas o comerciales, sus propiedades físicas y químicas son diferentes. La preferencia de consumo está íntimamente ligado al mercado que se toma en cuenta la oferta, la demanda, los costos de producción y la comercialización.

El consumo del huevo dependerá siempre de las preferencias del consumidor, donde el protagonista es el comprador, pues este es el que decide qué tipo de producto necesita, y en

base a esta información permite a las empresas y productores en general a tomar decisiones alrededor de los precios de venta, canales de distribución, almacenamiento e incluso dónde y cómo hacer publicidad.

## 1.2. Planteamiento del trabajo

Mediante el desarrollo del estudio experimental sobre el análisis de las propiedades químicas y físicas de los huevos criollos y comerciales, se aplicará un modelo multivariante para estudiar cómo se relacionan las variables en estudio en el análisis comparativo de los huevos.

Se seleccionará las técnicas multivariantes adecuadas, se realizarán los cálculos estadísticos y luego se interpretarán los resultados; se utilizará estadísticas descriptivas en forma de histogramas que realizará este análisis con contraste de hipótesis, utilizando hipótesis nula ( $H_0$ ) contrarias a las hipótesis alternativas que siempre apunta en la dirección opuesta.

Se utiliza la hipótesis nula porque es una hipótesis que puede demostrarse que es falsa. La idea es que, si probamos que la nula es falsa, entonces podemos usar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) para mantener la otra.

Los huevos criollos se obtendrán de comunidades como; El Nuevo Lechugal, El Ajizal, Peñafiel, La Mariana y Garza Grande, mientras que los huevos comerciales se obtendrán de las empresas San Francisco e Indaves,

Publicar los resultados del modelado comparativo para que los consumidores puedan conocer acerca de la relación que existe entre las propiedades químicas y físicas de los huevos criollos y comerciales.

## 1.3. Estructura del trabajo

El presente estudio se compone de los siguientes capítulos donde se describe con mejor detalle a lo largo del estudio.

**Capítulo 1 Introducción al trabajo de fin de máster:** Se introduce sobre la problemática de la investigación, considerando como referencia cómo y porqué se lo ha realizado y se indica que métodos se ha utilizado.

**Capítulo 2 Contexto y estado del arte:** Estudio a fondo del dominio de la aplicación, en esta parte de la documentación se muestra un resumen de otras investigaciones relacionadas al tema de investigación y las diferentes alternativas que puede haber para implementar el trabajo.

**Capítulo 3 Objetivos concretos y metodología de trabajo:** Se define el objetivo general y objetivos específicos, y la metodología empleada en el desarrollo del proyecto. En este capítulo se introduce a las técnicas o herramientas que se utilizan dentro del análisis multivariante comparativo.

**Capítulo 4 Descripción de los resultados:** Se describe las actividades desarrolladas conforme a la metodología descrita, para alcanzar de forma satisfactoria el objetivo general del proyecto.

**Capítulo 5 Conclusiones y trabajo futuro:** Se expone las conclusiones obtenidas a lo largo de la ejecución del proyecto, además se realiza algunas recomendaciones para mejoras en el futuro.

## 2. Contexto y estado del arte

En este capítulo se procede a contextualizar el problema en forma bibliográfica, considerando otras investigaciones similares o relacionadas al tema general.

### 2.1. Contexto

En este apartado se va a presentar una recopilación de los resultados de otras encuestas realizadas sobre temas de investigación seleccionados. Se trata de determinar el trabajo más reciente realizado sobre el tema investigado.

#### 2.1.1. Gallinas criollas

Los antepasados del Ecuador, los pueblos indígenas y montubios desarrollaron la noble actividad de la avicultura, está compuesta básicamente por las gallinas criollas, que son fruto de lentos y largos procesos de cruce, logrando desarrollar características especiales que les ha permitido vivir y sobrevivir en ambientes rústicos y poco favorables para su normal desarrollo, también crían patos, gansos, gallinetas entre otros, lo que constituye la avicultura tradicional.

Los sistemas tradicionales de producción de gallinas criollas se enmarcan en una práctica muy específica de la agricultura familiar campesina, a partir del trabajo técnico-productivo realizado en torno a la producción agroecológica de gallinas, así como de los procesos organizativos, o apoyos institucionales, técnicos y económicos para los fortalecimientos de los procesos desarrollados (Acevedo & Martinez, 2016).

Básicamente la importancia de la investigación de este Trabajo de Fin de Master se sustenta en la comparativa de las propiedades químicas y físicas de los huevos a pesar de que se encuentra algunos aportes sobre los huevos comerciales, en los huevos criollos aún se requiere evaluar las propiedades químicas y físicas, los mismos que proviene de las gallinas conocidas como gallinas criollas o de campo; por tal razón es importante realizar investigaciones que contribuyen con estos propósitos, por ser el huevo un gran alimento necesario en la dieta humana y que ayudan a generar ingresos económicos a las familias que viven en sectores rurales.

Según Juárez C. A., Gutiérrez, Garcidueñas, & Salas (2020), obtuvieron valores significativos en la producción de huevos y la masa de huevo manifestando que las gallinas cuello desnudo

se han adaptado y demostrado buen rendimiento en regiones tropicales, subtropicales y ecuatoriales, caracterizadas por su temperatura ambiente elevada.

### 2.1.2. El huevo

En este trabajo investigativo, cuando hablemos de huevos, se hará referencia exclusivamente al de gallina, que se compone de tres partes: la cascara, la clara y la yema y que conforman aproximadamente, entre el 10, 60 y 30% de su masa respectivamente. Los huevos en el Ecuador y el mundo entero son alimentos básicos por su alto valor nutricional, de gran aceptación por parte de la gente, valor gourmet, bajo precio, alto valor comercial, y además están presentes en la dieta de la mayoría de los ecuatorianos.

Para obtener huevos de alta calidad, se necesita una medida de control que garantice la calidad de la cadena de almacenamiento en el mercado y en el hogar, porque mostrará cambios relacionados con el daño nutricional, o si no se proporciona, dará lugar a cambios en la fuente de la higiene, por lo que perjudican la salud y bienestar del consumidor (Scatolini, 2010).

En la investigación presentada por (Scatolini, 2010), menciona que enfermedades gastrointestinales generalmente son causadas por la contaminación de los huevos, la salmonelosis tiene una alta correlación y frecuencia, debido a su alta morbilidad y mortalidad, causa enormes pérdidas económicas a nivel mundial. La enfermedad se ha convertido en una de las ETAs (enfermedades transmitidas por alimentos y agua) más comunes en el mundo.

Debido a retos como cuidar la inocuidad de este alimento se debe de mantener la calidad y trazabilidad, y el análisis intermedio de varios cuantificadores (físicos, químicos y microbiológicos) que ayudará a caracterizar la frescura y la buena disposición de una gran cantidad de huevos comercializados.

Según (Conave, 2019), manifiesta que cada ecuatoriano consume en promedio 226 huevos Ilustración 1 al año, cifras que van en aumento, por el cual, se produce millones de huevos al año.

### Consumo per cápita de huevo al año (unidades/persona/año)



**Ilustración 1:** Huevos consumidos por persona en Ecuador. Fuente. (Conave, 2019).

### Peso del huevo

Estudio de (Moya & Cruz, 2017), manifiesta que el huevo obtiene pesos que van desde 50 a 70g, esto es debido a factores como el peso de la gallina, su edad, su genética y la nutrición que lleva cada una; el peso de los huevos es un factor para determinar el tiempo de incubación ya que los huevos con pesos de 65g tardan de 2 – 3 horas más en incubar. En la tabla 1, se incluye la clasificación del huevo, si se encuentran en refrigeración disminuirá de 0,1g/día de su peso total, mientras que cuando se encuentra al ambiente éste disminuye 0,2g/día.

**Tabla 1.** Clasificación del huevo según el peso. Fuente. (Torrado, 2017)

| Clasificación | Peso en (g) |
|---------------|-------------|
| Extragrande   | Más de 64   |
| Grande        | De 60 a 64  |
| Mediano       | De 55 a 59  |
| Pequeño       | Menos de 50 |

## **Cáscara**

La cáscara del huevo es la cubierta exterior, que permite mantener su integridad física y proporcionar una pared bacteriana, está compuesta por una matriz de fibra entrelazada similar a una proteína y cristales de calcita (carbonato de calcio) con una relación de 1:50 entre ellas. Tiene muchos poros, se cruzan formando túneles entre cristales minerales y permitiendo el intercambio de gases entre el interior y el exterior (Jacome, 2018).

La cáscara de los huevos es de gran importancia y utilidad en la vida del huevo, posee un grosor aproximado de 0,3 mm y está adaptado esencialmente a la forma ovoidal del huevo, que está constituido básicamente de iones de calcio y bicarbonato que permitirá la formación del carbonato de calcio en la cáscara, y que cumple la función de reducir pérdida del contenido de huevo, así como prevenir las penetraciones bacterianas.

Entre los varios componentes de la cáscara de huevo, cabe mencionar que el calcio en forma de carbonatos, que ha sido extraído, concentrado, activado biológicamente e ionizado, tiene una variedad de importantes funciones fisiológicas y metabólicas de todos los organismos. El calcio ocupa una posición central en los sistemas biológicos. Al igual que otros elementos, el calcio es responsable de afectar la estructura y función de los huesos y tejidos blandos, y de regular funciones como la estimulación química y eléctrica de la transmisión neuromuscular; la secreción celular de la coagulación sanguínea, el transporte de oxígeno y la actividad enzimática (Valdés, 2009).

## **Clara o albúmina**

Dentro de la estructura del huevo, la clara constituye aproximadamente del 60% del peso total y está constituida en su mayor parte de agua y proteínas que son conocidas con el nombre de albumina, la misma que se puede estimar de forma indirecta, midiendo la altura de la clara cuando un huevo se rompe sobre una plataforma; como se mencionó anteriormente, se sabe que la clara de huevo más frescas es más densas, más altas y firmes.

La albúmina es la parte semisólida que rodea la yema de huevo, no solo está compuesta de agua y proteínas, sino que también contiene una pequeña cantidad de vitamina B2, anti nutrientes (como avidina y lecitina), que se inactivan durante el proceso de cocinado. Representa el 60% de su peso total y consta de dos partes: albúmina densa (que rodea la

yema) y albúmina líquida (la parte más cercana a la cáscara), con una composición de proteínas (12%) y agua (88%) (Cuvi, 2016).

## **Yema**

La yema de huevo natural consiste en una dispersión de partículas en la fase de agua o plasma. Está compuesto por una combinación compleja de lípidos, proteínas y agua. Sin embargo, el 33% del peso total lo constituye los lípidos, las proteínas el 17% y 48% de agua. Dentro de lípidos el 25% son fosfolípidos como la lecitina y cefalina (Miranda, Guerrero, & Partal, 2000).

Si bien los huevos se asocian comúnmente con el desayuno y proteína, muchas personas no conocen el paquete de nutrientes que proporciona, contiene muchas vitaminas y minerales importantes que el cuerpo necesita para mantenerse saludable. Estos nutrientes, la mayoría de los cuales se encuentran en la yema, juegan roles clave en muchos aspectos de la salud en todas las edades, desde el apoyo en el desarrollo fetal en mujeres embarazadas y ayudar a proteger el cerebro en la salud en adultos mayores.

La yema es algo que lleva el huevo en su centro, está rodeada de proteínas y suspendida por un grupo de cadenas de proteínas llamadas flancos, la yema está separada de la clara por una membrana. La composición de la yema de huevo está contenida en la membrana del huevo. Está compuesto por proteína (24,8%), lisozima (70,0%) y otras sustancias (5,0%). La lisozima es un antibiótico natural que actúa inhibiendo el crecimiento de bacterias Gram positivas. Los carotenoides como la luteína y la zeaxantina son otro aporte de los huevos a la dieta. Estos son antioxidantes que pueden proteger al cuerpo de ciertas enfermedades oculares. En lo que respecta a su papel en una dieta saludable para el corazón, el colesterol alto debe controlarse con cuidado, ya que el contenido y el tipo de grasa de los alimentos tienen un impacto mayor que el contenido de colesterol(Valdés, 2009).

El estándar internacional para medir el color de la yema de huevo es Roche Fan (actualmente DSM), que tiene un valor de color de 1 a 15, donde 1 es un color cercano al blanco y 15 es naranja rojizo. Según pruebas de laboratorio y DSM Animal (Fao, 2015).

### 2.1.3. Beneficios de consumir huevos para la salud

Hace décadas comer demasiados huevos era considerado perjudicial para la salud e incluso una nueva evidencia sobre el colesterol, la British Heart Foundation (BHF) canceló la recomendación de limitar la ingesta semanal a tres huevos en el 2007.

La yema de huevo contiene cantidades relativamente altas de colesterol y esto ha llevado a la recomendación de limitar la ingesta de huevos para reducir concentraciones séricas de colesterol y, con suerte, prevenir enfermedades coronarias. Aunque muchos estudios en la sala de metabolismo han comprobado que el colesterol dietético es determinante importante de la concentración de colesterol sérico, otros estudios no lograron detectar cambios en la concentración de colesterol total en suero cuando el huevo se agregó a dietas que ya contenían cantidades moderadas de colesterol (4-7) (Yasuyuki, *et al*, 2004).

Varias investigaciones han concluido que el 26% de los encuestados tienen elevados niveles de colesterol sérico. Según (CENAN, 2006) en la investigación desarrollada para el efecto de dar seguimiento a las enfermedades crónico-degenerativas, considera que este hallazgo es ligeramente superior a la prevalencia de hipercolesterolemia entre 20 a 60 años (18,5%). De manera similar, la investigación demostró que los lípidos en la sangre aumentan con la edad, también se encontró una tendencia similar en las encuestas de otros países.

Según el aporte de (Quitral, Donoso, & Acevedo, 2009) en su investigación mencionan que el huevo está entre las comidas muy completas y baratas, así que los huevos tienen una gran reputación entre muchas civilizaciones. Un huevo puede proporcionar mucha Multivitaminas (A, B2, B12, D, E, etc.) y minerales (Fósforo, selenio, hierro, yodo y zinc). Algunos efectos antioxidantes, vitaminas y oligoelementos en los huevos ayudan a combatir los procesos degenerativos en el cuerpo humano.

Las personas dedican recursos y hacen grandes esfuerzos con el tema de prevención de la degeneración macular asociada con el envejecimiento y aprovechan las bondades intrínsecas del huevo para nivelar las necesidades del cuerpo humano a partir de sus contenidos. Ciertos tipos de carotenoides del cáncer son fotoquímicos solubles en grasa, por lo que se utilizan como alimento. Se ha encontrado que su matriz afectará su biodisponibilidad, por lo que la yema de huevo tiene una alta biodisponibilidad entre las que se encuentran la luteína y la

zeaxantina; las propiedades antioxidantes de estos compuestos permiten prevenir las enfermedades coronarias (Meléndez, Vicario, & Heredia, 2004).

La yema de un huevo contiene fosfoproteína, que es la proteína más fosforilada de la naturaleza, la fosvitina de la yema. Posee propiedades físicas y químicas, así como numerosas propiedades funcionales y biológicas (Anton, 1998).

Según (Guérin et al. 2002), tiene alto contenido de fósforo que une los iones metálicos, particularmente con el hierro: el 95% del hierro de la yema se une a la fosvitina. Tiene una gran afinidad y fuerza al unirse con el hierro, en donde podría presentar propiedades antioxidantes. Se ha demostrado que la fosvitina puede inhibir la oxidación de fosfolípidos catalizada por el hierro ferroso y el pH 6 proporciona su máxima actividad antioxidante.

La fosvitina de gallina conserva excelentes propiedades de quelación del hierro, mientras que la fosvitina y la siki del huevo de pescado tienen una capacidad de unión al hierro más débil. En particular, la siki fosvitina se une menos hierro debido a sus respectivas diferencias en el contenido de serina y fósforo. Sin embargo, la eficacia de unión de estas fosvitinas de pescado es interesante en comparación con los quelantes de hierro clásicos como la ovotransferrina (Guérin et al. 2002).

Investigaciones han reportado en la clara de huevo aviar, dos tipos distintos de enzimas: lisozima de clara de huevo de gallina (HEWL, lisozima c) y (lisozima g) Las Lisozimas son enzimas ubicuas y se han caracterizado 5 tipos distintos. Los más investigados y, en consecuencia, los mejor comprendidos son los que se encuentran en este magnífico alimento (Lushnikov, 2005).

Se encontró que la yema y la clara de huevo de gallina contenían altas cantidades de ácido lisofosfatídico (acil LPA), además de pequeñas cantidades de ácido lisoplasmánico (alquil LPA). Los niveles de acil LPA en la yema de huevo de gallina (44,23 nmol / g de tejido) y mientras (8,81 nmol / g de tejido) estaban en el mismo orden o superiores a los niveles de acil LPA que se sabe que se requieren para provocar respuestas biológicas en varios animales (Nakane, Tokumura, & Waku, 2001).

Un huevo cocido de tamaño mediano (50 g) contiene 78 kcal de energía, 6,29 g de proteína, 0,56 g de carbohidratos y 5,3 g de grasa total, de los cuales 1,6 g son saturados, 2,0 g son

monoinsaturados, 0,7 g son poliinsaturados y 186 mg son colesterol (Heqian, Fang, Yan, Tiannan, & Chen, 2018).

Además, los huevos contienen una variedad de micronutrientes, como minerales (calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio, sodio y zinc) y la mayoría de las vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B6, ácido fólico, vitamina B12, vitaminas A, vitamina E, Vitamina D y Vitamina K) excepto la vitamina C. Existe la posibilidad que algunos de estos nutrientes, como el zinc, la vitamina A, la vitamina D y la vitamina E, no sean suficientes en una dieta occidental (Heqian, Fang, Yan, Tiannan, & Chen, 2018).

Los huevos son una de las mejores fuentes de proteína de alta calidad para el consumo humano, solo superada por la leche materna. Se ha demostrado que la proteína de huevo tiene antioxidantes, como la fosfoflavina que contiene una gran cantidad de fosfoserina, ovotransferrina que puede quelarse con  $Fe^{3+}$  y ovoalbúmina que puede mejorar su actividad antioxidante. Estas proteínas pueden inhibir la oxidación de lípidos uniéndose a metales o eliminando radicales libres.

Los huevos se pueden utilizar como una fuente natural potencial de antioxidantes, que se pueden utilizar en la industria alimentaria o cosmética. La función antioxidante de los huevos podría evitar que los humanos sufran una gran cantidad de procesos degenerativos, como el desarrollo de ECV. Además, la proteína de huevo, especialmente la proteína de la yema tiene un efecto de saciedad significativamente mayor en comparación con otras fuentes de proteínas (Pelletier, Thouvenot, & Belbraouet, 1996). Algunos resultados de investigación han demostrado que la ingesta de energía se redujo después del desayuno con un huevo y un bagel.

El acil LPA de yema de huevo contiene predominantemente ácidos grasos saturados como resto acilo, mientras que el acil LPA de clara de huevo contiene principalmente ácidos grasos poliinsaturados. El nivel de acil LPA, especialmente acil LPA que contiene ácidos grasos poliinsaturados, en la clara de huevo aumentó notablemente durante la incubación a 37 ° C, mientras que no hubo cambios en la yema de huevo (Nakane, Tokumura, & Waku, 2001).

Hoyos (2017), manifiesta que el aporte de los huevos comerciales y criollos varía más por la alimentación de las gallinas de ahí se obtiene la diferencia. "A los pollos comerciales les dan

alimento diferente y por ende suelen tener ácidos grasos y omegas que son buenos, pero el criollo tiene un gramo más de proteína”.

#### 2.1.4. Contraste de hipótesis

Son supuestos estadísticos sobre una o más poblaciones, que pueden ser correctos o no. Los supuestos estadísticos se pueden comparar con la información extraída de la muestra y, ya sea que se acepten o rechacen, se pueden cometer errores. La hipótesis destinada a rechazarla se denomina hipótesis nula y está representada por  $H_0$ . Rechazar  $H_0$  significa aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

Debido a que, independientemente del tipo de prueba que se realice, los pasos son siempre los mismos: establecer una hipótesis nula, seleccionar el estadístico apropiado para cada situación, utilizar la distribución de probabilidad correspondiente para calcular la probabilidad del valor del estadístico seleccionado y como consecuencia utilizar el valor de probabilidad, para decidir apoyar la hipótesis nula o alternativa.

##### **La hipótesis nula**

Primero, se establece la hipótesis nula y alternativa. Como se sabe, al hacer una prueba de hipótesis se puede rechazar la hipótesis nula si el estadístico elegido tiene cierta probabilidad. Lo que no se puede hacer es aceptarlo jamás, solo rechazarlo. Es por eso que se plantea la hipótesis nula como lo contrario de lo que se quiere mostrar, para poder rechazar lo que no se quiere mostrar y así aceptar lo que si se va a mostrar.

##### **Valor-p**

El valor p es un parámetro estadístico ampliamente utilizado en el ámbito científico e investigativo, es afín plenamente con la probabilidad de ocurrencia de un evento o no, además, que está relacionado con análisis estadísticos como la t de Student, ANOVA,  $\chi^2$ , entre otros, el valor de p es uno de los datos más importantes en el mundo científico y que da alivio y tranquilidad cuando da un valor de p que, si es significativo, regularmente menor a 0,05. En consecuencia, el valor de p valor tiene relación con la fiabilidad del estudio, y será más fiable cuanto menor sea el valor de p.

El valor  $p$  indica la probabilidad de que la diferencia observada entre las dos medias se deba al azar.

#### 2.1.5. Técnicas multivariantes

Técnicas de análisis multivariante, como el análisis factorial, análisis clúster, escalonamiento dimensional, análisis de correspondencias, entre las técnicas descriptivas, por otro lado las técnicas explicativas como: regresión múltiple, análisis de segmentación, análisis discriminante; son técnicas multivariadas que analizan múltiples variables o características observadas en un mismo elemento y que por el hecho de estar correlacionadas no tiene mucho sentido observar su efecto de una manera por separado, más bien son necesarias ya que permiten explicar, predecir de forma conjunta para que los resultados de los análisis sean más reales.

El análisis multivariado evalúa un conjunto de características simultáneamente teniendo en cuenta la existencia de correlación, evaluando con mayor precisión las diferencias entre los tratamientos. Los métodos de análisis multivariante tienen una larga tradición en la predicción y medición del desarrollo y en la formulación de indicadores integrales.

El ACP tiene en cuenta simultáneamente todas las características de interés, siendo cada componente una combinación lineal de un rasgo. Este análisis tiene la propiedad de retener en la primera estimación, como los componentes con fracción mayoritaria de la variación observada (Hair, Black, & Babin, 2010).

El ACP puede revelar correlaciones no identificadas previamente, contribuyendo a una mejor interpretación de los datos. Sin embargo, la evaluación de la divergencia en el análisis gráfico y el establecimiento de grupos de similitud basados en la inspección visual de la dispersión de análisis de componentes principales son cuestionables y pueden no presentar una visión clara del grado de similitud entre los individuos estudiados.

Diferencias en el análisis de conglomerados o prueba de clúster y discriminante es el establecimiento de los grupos se realiza a posterior, debido a que el investigador desconoce la existencia de estos subgrupos o grupos, y el número que resulta de ellos, no comprende las características que definen estos subgrupos o grupos.

El desarrollo es automático para obtener el número óptimo de clústers, por lo tanto, tiene el potencial de crear un modelo de agrupamiento con variables categóricas y continuas. Suponga que un conjunto de polinomio tiene una distribución normal y que las variables son independientes. Además, también puede resumir registros mediante la construcción de árboles de características de clúster para analizar grandes bases de datos (es decir, archivos de datos grandes) (Rubio & Vilà, 2016).

### **Técnica Discriminante**

El método de análisis discriminante establece la pertenencia probabilística de los individuos al grupo previamente establecido a través de la función discriminante. Además, es una técnica estadística multivariante de especial interés en la investigación que permite discriminar entre las variables y conocer cuál es la variable que mejor discrimina al grupo (Carvajal, Trejos, & Soto Mejía, 2004).

Un problema de investigación común implica clasificar las observaciones en uno de dos grupos, basándose en dos o más variables predictoras cuantitativas. Se diferencia de las técnicas de creación de grupos, como el análisis de conglomerados, en que las clasificaciones o los grupos a elegir deben conocerse de antemano.

El análisis discriminante es una forma de análisis multivariado en el que el objetivo es establecer una función discriminante. La función (típicamente una fórmula matemática) discrimina entre individuos en la población y asigna a cada uno de ellos a un grupo dentro de la población. La función se establece sobre la base de una serie de mediciones u observaciones realizadas en los individuos (Mendoza, Dorantes, Cedillo, & Arriaga, 2016).

Una correlación típica es la correlación entre la combinación lineal de las variables independientes (la función discriminante) y el componente lineal de las variables indicadoras. (uno y cero) estas variables indicadoras reflejan la correlación entre el sujeto y cada grupo. Además, si hay dos grupos, es sencillo determinar la correlación entre la puntuación y las variables con los códigos 1 y 0 en función de la clasificación en uno u otro grupo. La alta correlación canónica indica que la variable discriminante permite diferencias entre grupos (Mendoza, Dorantes, Cedillo, & Arriaga, 2016).

El análisis discriminante se utiliza a menudo con fines explicativos y predictivos. Primero, tratamos de determinar la contribución de cada variable categórica a la clasificación correcta de cada individuo. Y en los indicadores predictivos, identifica los grupos a los que es más probable que pertenezcan las personas.

#### 2.1.6. Herramientas informáticas para estadística

El uso de herramientas tecnológicas ha cambiado muchos aspectos de la sociedad, y la enseñanza (Buxarraiz, 2016), así como el aprendizaje de las matemáticas no es inmune, especialmente en el campo de la estadística. En los últimos años, el desarrollo acelerado de la estadística como ciencia y su contribución esencial a la investigación y en otros campos de la vida cotidiana han despertado el interés por la enseñanza de la estadística. (Barreto, 2012).

En la era actual, los datos estadísticos son una herramienta en la literatura científica y se ha convertido en una herramienta indispensable en muchas áreas de la ciencia y la vida cotidiana. En cierto modo, esta es una ciencia transversal. Debido al hecho de que los datos masivos se pueden recopilar continuamente sin utilizar métodos estadísticos para su posterior procesamiento a través de potentes paquetes de software estadístico, la aplicación de métodos estadísticos se ha vuelto cada vez más frecuente.

#### **SPSS o PSPP**

Son paquetes de softwares de análisis estadístico, anteriormente conocido como SPSS (paquete de software estadístico para ciencias sociales) y PASW (software de análisis predictivo). Estos programas cubren una amplia gama de análisis univariados y multivariados. PSPP es una alternativa gratuita y de código abierto a SPSS. PSPP está especialmente desarrollado por programadores voluntarios, que comparten muchas funciones de su programa propietario de igual a igual, pero sin cobrar ninguna tarifa (Araujo, 2014).

Entre las principales funciones de los programas estadísticos esta la capacidad de ejecutar procesos estadísticos rápidos, este método se puede utilizar de dos formas: en el terminal y en la interfaz gráfica de usuario, soporta más de mil millones de variables y además es compatible con programas como Gnumeric y OpenOffice. Actualmente, aunque los usuarios que estén acostumbrados a SPSS podrán adaptarse con rapidez.

El uso de los procedimientos adecuados podría aumentar si estos procedimientos pudieran realizarse en entornos de software familiares como programas breves y eficientes como SPSS y SAS para realizar análisis. Además, los generadores de números aleatorios SPSS se han considerado "seguros" según pruebas realizadas.

## 2.2. Estado del arte

Este capítulo describe la contextualización, clasificación y categorización del conocimiento existente de manera estructural en base a la búsqueda de literatura en torno al tema investigado y que permite documentadamente evaluar el conocimiento acumulado en un campo en particular.

### 2.2.1. El huevo criollo y los estudios comparativos

Este es un sistema de producción avícola tradicional de la familia campesina en su patio o alrededor de ellos y proponen algunos criaderos relativamente pequeños con insumos de producción propios de los agricultores: Cereales, residuos de cocina y residuos de cultivos. La producción familiar de aves de corral continúa teniendo lugar en áreas pequeñas y densamente pobladas y en vecindarios urbanos y suburbanos, una preferencia por los consumidores de "huevos". (Juárez-Caratachea et al. 2008).

Las respuestas a estos métodos de alimentación de aves pueden definirse como alimentadas con pasto o con granos, lo que permite dar color al producto y el sabor es diferente al de los huevos comerciales.

Los sistemas de fabricación tradicionales interfieren con la intensidad de la luz, la temperatura y la ventilación del corral. En los sistemas tradicionales, el desove se puede clasificar por tipo de granja avícola, gallinas terrestres y gallinas campera (Payne, 2001).

La producción ecológica de gallinas ponedoras es un sistema controlado que permite a las gallinas el libre acceso al aire libre y su alimentación se basa en ingredientes procedentes de la agricultura ecológica e ingredientes agrícolas naturales, mientras que la salud animal se basa en la prevención y las rutinas están prohibidas. Se recomienda el uso preferencial de razas o pedigrí locales más adecuados para las condiciones ambientales.

Con el cambio de alimentación de pollos en granjas orgánicas, el objetivo principal de esta investigación es producir huevos orgánicos y métodos tradicionales mediante la evaluación de las propiedades químicas y físicas, así como el efecto del tipo y edad de los pollos sobre la calidad de los huevos producidos.

En un sistema de pastoreo, las aves tienen forrajes e insectos comestibles en comparación con los sistemas tradicionales, esto afectará a una mayor albúmina, lisozima, colesterol y un mayor grosor de la cáscara de los huevos, pero la calidad de los huevos microbianos en el pastoreo, reciben muchos nutrientes extraídos en la zona programada para el pastoreo, que no son suficientes para asegurar una buena producción. Por eso, es importante brindar una dieta completa o una alimentación rica, ya que, al permitir más ejercicio físico, la carne de pollo se gasta más energía en mantenimiento, lo que reduce la productividad (Elibol & J, 2008).

A pesar de agregar pequeñas cantidades a la alimentación de las aves, los estudios de pastos y los granos de uso más común como el maíz, las investigaciones muestran que el maíz carece de lisina, un aminoácido esencial para el crecimiento de mis aves. Además del hecho de que las sobras de la cocina son una parte importante de la comida de las aves de traspatio, es poco probable que proporcionen una dieta que satisfaga sus necesidades de producción y reproducción, su tasa de crecimiento es lenta y la edad al nacer será tardía. Madurez sexual.

Los parámetros que definen la calidad de producción en la industria avícola están relacionados con las características físicas de los huevos. Para las empresas productoras de huevos, el proceso de clasificación es muy importante, porque los huevos pueden estar rotos, pesados incorrectamente, el tiempo de procesamiento es demasiado largo, y la tecnología local no se puede utilizar.

Las propiedades químicas y físicas del huevo económicamente importantes: como el peso, el tamaño, el contenido de yema y albúmina son rasgos cuantitativos con una variabilidad continua. Además, la relación entre el peso, el largo y el ancho de los huevos que también señaló que la proporción de yema, albúmina y cáscara que contribuyen al aumento de peso del huevo con la edad de la gallina, alcanzando una meseta al final del ciclo de puesta (Toalombo, Villafuerte, Benavidez, & Oleas, 2018).

Las propiedades químicas y físicas son de importancia para las industrias de cría de aves de corral, sin embargo, el desarrollo embrionario del huevo de gallina depende de características como el peso del huevo, el peso de la yema y la albúmina, la línea genética y la edad de la gallina. Posteriormente, los efectos del alimento, la hormona y el sistema de alojamiento sobre la composición del huevo han sido investigados. En la tabla 2 se muestra las mediciones externas del huevo de gallina, para la obtención de estos promedios se obtuvieron 385 huevos de gallinas criollas (35 en cada localidad).

**Tabla 2. Medición externa de huevos de gallina criolla michoacana.** Fuente. (Juárez C. A., Gutiérrez, Segura, & Santos, 2010)

| Rasgo<br>**   | Localidades * |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|               | 1             | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
| PH (g)        | 53,10         | 50,2  | 45,20 | 49,80 | 50,60 | 48,40 | 47,70 | 52,60 | 57,4  |
| DL<br>(cm)    | 5,71          | 5,38  | 5,40  | 5,74  | 5,46  | 5,50  | 5,41  | 5,63  | 5,83  |
| DT<br>(cm)    | 4,22          | 4,14  | 4,00  | 4,03  | 4,12  | 4,10  | 4,10  | 4,20  | 4,31  |
| PC (g)        | 5,01          | 4,63  | 4,12  | 4,00  | 4,61  | 4,42  | 4,42  | 4,40  | 4,76  |
| EC<br>(mm)    | 0,271         | 0,310 | 0,257 | 0,276 | 0,280 | 0,280 | 0,284 | 0,263 | 0,279 |
| IC<br>(p.100) | 9,34          | 9,21  | 9,12  | 8,04  | 9,00  | 9,11  | 9,25  | 8,43  | 8,40  |

\* Nahuatzen (1), Paracho (2), Tarímbaro (3), Cherán (4), Tlazazalca (5), Purépero (6), Chilchota (7), Zacapu (8), Erongarícuaro (9), Charapan (10) y Tangancícuaro (11)

\*\* PH: peso del huevo; DL: diámetro longitudinal del huevo; DT: diámetro trasversal del huevo; PC: peso de la cáscara; EC: espesor de la cáscara; IC: índice de cáscara.

Actualmente, la genética, la nutrición, la terapia y los avances en el manejo de la crianza han permitido que las aves de corral alcancen altos rendimientos productivos. Sin embargo, las principales características del sistema de cría industrial de aves de corral es la sobrepoblación por unidad de superficie, esto trae cambios en el comportamiento como competencia por alimento, agua y espacio para descansar, aumento de temperatura y saturación química de la zona, lo que provoca una situación de alteraciones en su bienestar.

Esto provoca el uso frecuente de vacunas y productos químicos antimicrobianos para evitar brotes de enfermedades. Además, una vez concluido el tratamiento, se pueden encontrar residuos químicos en la carne o los huevos de aves de corral, lo que puede ser perjudicial para la salud de los consumidores.

En los últimos años se ha producido un rápido aumento de la producción de animales no confinados en muchos países, esto es en respuesta a un aumento en la demanda de los consumidores de alimentos de origen animal que estén libres de hormonas residuales, antibióticos y productos químicos peligrosos y que al mismo tiempo tengan mejores valores nutricionales. Además, las razas de pollo indígenas-nativas están desempeñando un papel importante para el sector rural pobre y marginado de la población con respecto a sus ingresos subsidiarios y también les proporcionan huevos y carne de gallina nutritivos para su propio consumo.

Los diferentes métodos de medir huevos recolectados, considerando genotipo del peso del huevo, hay una gran diferencia entre las gallinas camperas y las criollas la diferencia entre las dos es de 4,9 g. El valor medio es el más alto (55,4 g) y el más bajo (50,5 g). El diámetro vertical está directamente relacionado con el peso del huevo. Es decir, los huevos pesados tienen un diámetro mayor y viceversa. En cuanto al peso de los huevos, se señaló que el tamaño de los huevos depende principalmente de la edad de las aves y del tamaño de las yemas y las diferencias individuales entre la gallina y el entorno de producción (Andrade *et al.*, 2015).

El índice de espesor de la cáscara también mostró una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) para los pollos de corral (0,48 mm) y gallinas criollas (0,39 mm), con mayor atención al sistema de producción avícola en pastoreo, acepta una dieta basada en granos (maíz) pero restringe el calcio y fósforo y los minerales estructurales. Además de esta desnutrición, la edad de las

gallinas, los problemas de ritmo y manipulación pueden hacer que las cáscaras se vuelvan quebradizas (Andrade, y otros, 2015).

De cualquier manera, debemos enfatizar la diferencia entre los dos genotipos es para todos variables estudiadas, los huevos de gallinas camperas siempre se muestran blancos (ventaja), para que el huevo gane un mayor reconocimiento en la naturaleza (negocio) (Andrade *et al.*, 2015), en la tabla 3 se puede observar las características físicas y comparativas del huevo de gallina comerciales y criollas.

**Tabla 3: Propiedades físicas de los huevos de gallina** (Andrade, y otros, 2015).

| Variables | Genotipo             |                  | E.E. <sup>B</sup> | P-Value |
|-----------|----------------------|------------------|-------------------|---------|
|           | Gallinas Comerciales | Gallinas Criolla |                   |         |
| PH(g)     | 55,4                 | 50,5             | 1,63              | ***     |
| DL(mm)    | 54,88                | 52,30            | 0,075             | ***     |
| DT(mm)    | 41,90                | 40,20            | 0,083             | ***     |
| EC(mm)    | 0,48                 | 0,39             | 0,023             | ***     |
| DY(mm)    | 40,30                | 37,66            | 0,105             | ***     |
| AA(mm)    | 11,32                | 6,71             | 0,382             | ***     |

Peso del huevo (PH), diámetro longitudinal (DL), diámetro transversal (DT), espesor de la cáscara (EC), diámetro de la yema (DY) y Altura de la Albumina (AA).

P value refiere al ANOVA de clasificación simple ( $p < 0,05$ )

<sup>B</sup>E.E.: Error estándar.

Según (Ramírez, González, Andrade, & Torres, 2016) manifiestan que, a partir de la evaluación de las características físicas, calidad proteica y frescura de los huevos, se han estudiado diferentes tiempos de almacenamiento de huevos de gallina criados en tierra a temperatura ambiente. Los resultados de la evaluación de peso del huevo, índice de cáscara de huevo en diferentes tiempos de almacenamiento no fueron significativos y mostraron similitud,

mostrando que el peso del huevo no cambió, la tabla 4 muestra la cantidad media de huevos, cáscaras de huevo realizada en la evaluación y se concluyen que estos no varían siendo no significativos.

**Tabla 4. Peso, índice de cáscara y cáscara de huevo asociados con el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente.** Fuente. (Ramírez, González, Andrade, & Torres, 2016).

| Días de almacenaje | $\bar{X}$ del peso del huevo (g) | $\bar{X}$ del Peso Cáscara. | $\bar{X}$ Índice de Cascara (%) |
|--------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 0                  | 55,4                             | 7,9                         | 14,3                            |
| 5                  | 56,3                             | 7,7                         | 13,72                           |
| 10                 | 55,9                             | 7,9                         | 14,13                           |
| 15                 | 56,2                             | 7,8                         | 13,88                           |
| 20                 | 56                               | 7,9                         | 14,12                           |

Se ha encontrado en investigaciones que el color de la cáscara afecta significativamente la resistencia, peso y grosor de esta. Si el color es más oscuro, puede ser debido a la larga duración de la formación de la concha. Tanto tiempo hace que el pigmento y el calcio se depositen cada vez más, y que no solo hace que la cáscara sea más gruesa y fuerte, sino que también se vuelve más oscuro. Se descubrió que el color de la cáscara también era altamente correlacionado significativamente con el espesor de la cáscara (Ingram, Hatten, & Homan, 2008).

El color de la cáscara disminuye a medida que las gallinas envejecen. Esta se atribuye directamente a un aumento en el tamaño del huevo sin un aumento que acompaña en la deposición de pigmento en la superficie de la cáscara. Como resultado, más superficie de la cáscara es cubierta con una determinada cantidad de pigmento a medida que la gallina envejece y pone huevos más grandes (Yang & Wang, 2009) .

Se ha demostrado que el contenido de calcio de la cáscara se reduce cuando el color se volvió cada vez más superficial. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los grupos de

cáscaras de diferentes colores. Por otro lado, la regla mutativa del contenido de calcio en la albúmina y la yema no fue distinto, fueron diferencias significativamente entre cada grupo (Yang & Wang, 2009).

(Rodriguez & Garcia, 2002), en su estudio demostraron una correlación entre la fuerza de la cáscara de huevo y la textura cristalográfica. Aproximadamente el 40% de la variación en la resistencia de la cáscara podría explicarse por diferencias en el grado de orientación de los cristales. Además, debido a que la cáscara es un agregado de cristales de calcita, que tienen planos de escisión fáciles, la sensibilidad de sus propiedades mecánicas.

Existe una fuerte correlación entre textura y resistencia de la cáscara, al menos para el caso de huevos puestos por gallinas jóvenes. Las cáscaras con un menor grado de orientación que los cristales eran mecánicamente más fuertes que aquellas con un mayor grado de orientación. Aproximadamente el 40% de la variación en la resistencia de la cáscara puede explicarse por diferencias en el grado de orientación de los cristales (Rodriguez & Garcia, 2002).

El impulso para mejorar el bienestar de los animales de granja se ha convertido en una dinámica importante en los sistemas alimentarios contemporáneos durante las últimas dos décadas en los condados de altos ingresos. Un enfoque de estas iniciativas de bienestar animal ha sido la abolición de los sistemas de confinamiento, como las jaulas en batería para pollos y los establos de gestación para cerdos.

La última década ha sido testigo de algunos desarrollos significativos en las condiciones de alojamiento de las gallinas ponedoras en el Reino Unido, Australia y los EE. UU. Estos desarrollos incluyen la prohibición de las jaulas en batería y el cambio a jaulas enriquecidas, colonia, establos, aviario y sistemas de producción de corral.

En el Reino Unido, en el 2012 se implementó una prohibición sobre las jaulas en batería, que fueron reemplazadas por las jaulas enriquecidas, siguiendo una directiva de la Unión Europea aprobada por primera vez en 1999. En el período intermedio. En Australia, aunque las jaulas en batería aún no se han prohibido, también ha habido un rápido aumento en la producción de huevos de gallinas camperas desde principios de la década de 2000, y que ahora constituyen más del 40% del mercado de huevos con cáscara.

La opinión generalizada entre el público no especializado es que haya más espacio y libertad en donde se desarrolla las aves, descifrando para ellos un mejor bienestar y desarrollo para los pollos, particularmente en términos de su capacidad para expresar comportamientos naturales (Webster, 2013; Pettersson *et al.*, 2016).

La puesta de las gallinas Cajamarca GCCHHV comienza entre las edades de 17 y 19 semanas, el período de puesta es de 7 semanas y el período de agrupamiento puede ser de hasta 3 semanas. La tasa de eclosión de los huevos se ve afectada por las condiciones y los tipos de eclosión (Paredes, Romero, Vallejos, & Mantilla, 2019).

El peso de los huevos de GCCHHV mostró diferencias estadísticas en cada tipo biológico. Durante la etapa de puesta, se encontró que el biotipo de pollos con cuellos desnudo tiene la mayor cantidad en peso de huevos y el biotipo Riña tiene la menor cantidad de peso en huevos. El peso del huevo de estos genotipos durante las primeras 3 semanas de desove fue comparable al de las gallinas criollas ecuatorianas (50,5 g) alimentadas con granos de maíz. El peso medio de los huevos de las gallinas GCHHV es de 51,8 y 60,2 gramos (Paredes, Romero, Vallejos, & Mantilla, 2019).

Se ha manifestado que la metionina es el primer aminoácido limitante de la dieta de las gallinas ponedoras, seguido de la lisina en dietas maíz-soya estos micronutrientes Tienen una gran influencia en el tamaño y la producción de huevos. Por tanto, es fundamental cumplir con los requisitos de metionina.

El perfil de aminoácidos ideal para las gallinas ponedoras está menos desarrollado que el de los pollos de engorde y los cerdos. Sin embargo, usar un perfil de proteína ideal para determinar el contenido de aminoácidos en la dieta tiene ventajas sobre los requerimientos de aminoácidos determinados empíricamente. (Bregendahl & Roberts, 2009).

(Colas, Pérez, & Támara, 2018), en su estudio empleo hidrolizado de proteínas (HP) mejora de la tasa de producción de huevos, la tasa de conversión de la calidad y los indicadores relacionados con la eclosión, el porcentaje de huevos reproductores adecuados, la tasa de eclosión y la tasa de incubación de las gallinas ponedoras, además, su uso reduce el consumo de pienso necesario para obtener pollitos de primera en aproximadamente 100 gramos.

### 2.2.2. Diferencias entre huevos criollos e industriales

Según resultados de (Quitral, Donoso, & Acevedo, 2017) concluyen que las muestras de huevos comerciales fueron de gran peso, seguidas de huevos orgánicos y de campo. Además, dado que los huevos al aire libre tienen una relación peso-cáscara más alta y una proporción de clara más baja, el huevo criollo tiene una proporción al hacer referencia al análisis porcentual, se puede concluir que cuanto más pesada es la yema, mayor es el contenido de proteína de los huevos de campo o criollos y mayor el contenido de agua de los huevos disponibles comercialmente. El análisis de la carne blanca muestra que los huevos orgánicos son ricos en proteínas (base seca) y grasa (base seca). Los huevos de campo y orgánicos, por otro lado, son bajos en sulfhídrico, lo que sugiere que la proteína es más natural. Finalmente, la evaluación sensorial mostró que los huevos de campo sabían bien y los huevos orgánicos se veían, coloreados y olían bien.

A diferencia de los pollos "criollos", que normalmente se alimentan con maíz y otros cereales (como el arroz), la mayoría de los pollos de engorde comerciales tienen la dieta ideal para las necesidades de producción. Algunas personas piensan que el valor nutricional de los huevos está relacionado con el color de la yema, pero los huevos criollos son muy amarillos y los huevos comercializados son de color amarillo anaranjado pálido. Este caso es otro posible error en la determinación del valor nutricional, ya que la diferencia de color radica en los niveles de caroteno y pigmento absorbidos por el animal. El contenido de caroteno y pigmento del maíz es más alto que el de los concentrados disponibles comercialmente, lo que puede indicar una diferencia en el color de los dos huevos.

Como se muestra en la tabla 5, el peso de los huevos varía entre las tres categorías analizadas.

**Tabla 5: Peso y densidad de los huevos** (Quitral, Donoso, & Acevedo, 2017)

|                  | Huevos de campo | Huevos orgánicos | Huevos comerciales |
|------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| Peso promedio(g) | 49,93           | 54,99            | 59,00              |
| Densidad (g/ml)  | 1,031           | 0,995            | 1,030              |

Los huevos criollos tienen una alta proporción de cáscaras (ver tabla 6), lo que influye en una alta densidad y una protección mejorada. Esto se refleja en la fuerza y las propiedades funcionales de la proteína. Ya sea en huevos criollos o en huevos de campo, la proporción de huevos blancos es el doble que la yema, pero este no es el caso de los huevos orgánicos, porque su proporción de yemas es mucho mayor.

**Tabla 6: Componentes del huevo (en porcentajes)** (Quitral, Donoso, & Acevedo, 2017)

|         | Huevos de campo | Huevos orgánicos | Huevos comerciales |
|---------|-----------------|------------------|--------------------|
| Yema    | 27,64           | 30,46            | 28,09              |
| Clara   | 55,29           | 56,69            | 57,56              |
| Cáscara | 17,07           | 12,85            | 14,34              |

La tabla 7 enumera el análisis químico o el análisis de composición de nutrientes realizado en estado seco. Los resultados muestran que los huevos de campo tienen menos agua y un alto contenido de proteínas. Sin embargo, al calcular el contenido de proteína en base seca, hay 91,0 gramos de huevos orgánicos por 100 gramos de muestras el valor más alto. En cuanto a los lípidos, cuando se expresan en seco, los huevos orgánicos tienen un mayor contenido de estado seco.

**Tabla 7: Análisis químico proximal realizado a la clara de huevos** (Quitral, Donoso, & Acevedo, 2017)

| (g/100g muestra)        | Huevos de campo | Huevos orgánicos | Huevos comerciales |
|-------------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| Humedad                 | 86,5            | 87,8             | 87,3               |
| Proteínas               | 12,0            | 11,1             | 10,8               |
| Proteínas (estado seco) | 88,9            | 91,0             | 85,0               |
| Lípidos                 | 0,1             | 0,1              | 0,01               |
| Lípidos (estado seco)   | 0,74            | 0,82             | 0,79               |
| Cenizas                 | 0,3             | 0,2              | 0,3                |
| E.N.N                   | 11              | 0,8              | 1,5                |

Los contenidos de la yema de los huevos se muestran en la tabla 8. Se observa que las tres muestras son muy similares, solo ligeras diferencias en el contenido de agua, además que las yemas de los huevos de campo son más pequeñas.

**Tabla 8: Análisis químico proximal realizado a la yema de huevos (Quitral, Donoso, & Acevedo, 2017)**

| (g/100g muestra)        | Huevos de campo | Huevos orgánicos | Huevos comerciales |
|-------------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| Humedad                 | 45,1            | 47,1             | 47,1               |
| Proteínas               | 16,6            | 16,2             | 15,5               |
| Proteínas (estado seco) | 30,2            | 30,6             | 29,3               |
| Lípidos                 | 36,9            | 35,1             | 36,0               |
| Lípidos (estado seco)   | 67,2            | 66,4             | 68,1               |
| Cenizas                 | 1,2             | 1,3              | 1,0                |
| E.N.N                   | 0,2             | 0,3              | 0,4                |

### 2.2.3. Pruebas estadísticas

Las pruebas estadísticas son herramientas que se utilizan para determinar la probabilidad de que una conclusión extraída para una muestra pueda aplicarse a la población de la que se extrae la conclusión. Esta es una forma de evaluar la evidencia proporcionada por los datos para probar una hipótesis. La importancia del análisis estadístico radica en la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis. Por tal razón es imprescindible elegir de manera correcta la prueba estadística que se vaya a utilizar.

La selección adecuada de la prueba estadística depende de varios factores, pero por razones prácticas se han citado los siguientes criterios.

1. Características de la variable: tipo de medida y escala.
2. Preguntas científicas por responder.
3. Se establecen supuestos.

4. La fuerza y eficiencia de la prueba seleccionada.
5. Características de la muestra (tamaño de muestra y número de grupos en observación).

### Prueba de bondad

Esta prueba se usa generalmente para ver si los datos de la muestra provienen de un patrón o distribución de probabilidad en particular. Por ejemplo, desea saber si los datos que está procesando provienen de una distribución normal, una distribución binomial, una distribución de Poisson, una distribución exponencial, etc. (tabla 9). Sin embargo, la prueba de bondad de ajuste le permite validar el tipo de distribución seguida por los datos, por lo que puede realizar el tipo de prueba (si está parametrizada) en una comparación estadística. (Romero, 2016).

**Tabla 9. Tipos de distribuciones de probabilidad** (Romero, 2016).

| Tipo de variable          | Tipo de distribución | Ejemplos                                                                   |
|---------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Cualitativa<br>dicotómica | Bernoulli            | Lanzar una moneda: resultados posibles.                                    |
|                           | Binomial             | Número de veces que sale cara cuando lanzamos la moneda 100 veces.         |
|                           | De Poisson           | La cantidad de mensajes al servicio por hora.                              |
| Cuantitativa              | Normal               | Distribución del porcentaje de proteína en un alimento.                    |
|                           | Exponencial          | Pasado un tiempo desde que dos clientes consecutivos llegaron a la tienda. |

La principal prueba utilizada para determinar la normalidad de los datos (Es decir, si la muestra se toma al azar de la población de acuerdo con un modelo de probabilidad ajustado a una distribución normal) Son:

### **Prueba de Kolmogorov-Smirnov**

Llamada prueba KS, esta es una prueba importante y su uso permite verificar si los datos provienen de una distribución normal. Se utiliza para variables numéricas continuas y se utiliza cuando el tamaño de la muestra es superior a 50.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov es de tipo estadístico, principalmente estadística inferencial. Las estadísticas inferenciales están diseñadas para obtener información sobre una población.

Este es un aspecto positivo de la prueba de bondad de ajuste utilizada para verificar que las puntuaciones derivadas de la muestra siguen una distribución normal. En otras palabras, se puede medir el grado de acuerdo entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica específica. Su propósito es mostrar si los datos provienen de una colección con una distribución teórica específica. En otras palabras, su función es verificar si el valor observado se puede deducir razonablemente de la distribución especificada (Mendenhall, Beaver, & Barbara, 2002).

### **Coeficiente de curtosis**

Ésta es una medida de concentración, que tiene en cuenta la distribución de la media. Es decir, si las muestras que tenemos siguen una distribución normal, el valor de curtosis será cero. Sin embargo, los valores superiores a 0 indican que los datos no se distribuyen normalmente y se concentran cerca de la media. Sin embargo, si los valores son menores a cero, indica que se dispersan más.

Por lo descrito en el párrafo anterior, la curtosis se la considera de apuntamiento o concentración central. Cuando, el valor es positivo se considera leptocúrtica, si el resultado es cercano o igual a cero, tiene el mismo apuntamiento a una distribución normal y es mesocúrtica. Finalmente, si es negativo es platicúrtica (Cástor & Barreiro, 2006).

### **Coeficiente de Skewness (Asimetría)**

Determina la asimetría de la distribución con respecto a la media. Si la distribución de la variable es simétrica, el resultado será cero. Si es mayor que cero, significa que el valor por

encima de la media tiene una gran desviación de la media. En donde, se considera asimétrica si la distribución es a la derecha, negativo si es a la izquierda se ve más aplastada que la normal, y es nulo, cuando la distribución es normal (Jean & Varela, 2006).

### **Contraste de Shapiro-Wilks**

Esta prueba utiliza una serie de observaciones de muestra trazadas en un histograma de probabilidad regular para medir la bondad del ajuste. Por tanto, si la relevancia es baja, se rechaza la hipótesis de predisposición nula. Surge una situación en la que el resultado refleja un valor bajo. Se usa y aplica comúnmente porque es útil para el análisis cuando el tamaño de la muestra es pequeño, es decir, menos de 50 muestras (Jean & Varela, 2006).

### **Prueba paramétrica y no paramétricas**

Las pruebas no paramétricas se refieren al análisis de datos que no tienen una distribución específica y al igual que las paramétricas se rigen por supuestos. Sin embargo, los datos no suelen estar centralizados, tienen algunas limitaciones; clasifican los resultados estadísticos para ayudarlos a comprender.

La prueba de parámetros es diferente porque la concentración de los datos se distribuye normalmente. Además del análisis de los elementos de la muestra, también se aplican a variables. Estos análisis deben permanecer más altos que el valor general, ya que pueden realizar cálculos más precisos (Vargas, 2004).

### **Ventaja de las pruebas no paramétrica**

- No es necesario calcular una normal en la distribución de la población de la que se tomó la muestra.
- Esta prueba no es complicada de aplicar o utilizar.
- Cuando los tamaños de la muestra son pequeños, es más rápido obtener resultados.
- Las pruebas no paramétricas son adecuadas para una población más amplia porque requieren menos precisión en las hipótesis.

#### 2.2.4. Técnicas multivariantes

En su libro (Fernández, 2014), menciona que el análisis multivariado es una disciplina difícil de definir. Agrupadas por este sobrenombre se encuentran diversas técnicas estadísticas, aunque muchas de estas técnicas fueron diseñadas por el autor, podemos llamarlas clásicas, pero debido a la creciente demanda de ellas debido a la difusión y aplicación de software estadístico y al desarrollo de otras disciplinas, están en auge e implementación de técnicas estadísticas, como sociología, psicología, biología o economía.

Por supuesto, si no hay suficientes procedimientos estadísticos, no se puede operar procedimientos como manova, análisis de factores, análisis de clasificación o análisis de correspondencias, lo cual es inimaginable. Como ya hemos señalado, si nos preguntamos qué tienen en común los procedimientos anteriores, la respuesta no es del todo convincente (Fernández, 2014).

Para muchos autores, hablar de análisis multivariado es simplemente hablar de estudiar más de dos variables al mismo tiempo. Por supuesto, esta definición se acerca a lo que la mayoría de nosotros pensamos, pero hará que la regresión lineal múltiple sea una técnica multivariante (porque en la práctica, no solo el valor de la variable dependiente sino también el valor explicativo suele ser una variable aleatoria).

En definitiva, incluiremos el estudio de modelos lineales en el análisis multivariado. No se dice que sea una mala idea, al contrario; desde un punto de vista epistemológico, estos dos temas están estrechamente relacionados, de hecho, este volumen se considera una continuación del primer modelo lineal, y siempre debemos tener esto en cuenta.

Pero además de estos requisitos, las mismas definiciones anteriores evitarán que aceptemos las técnicas multivariadas populares de hoy en día, como el análisis de la comunicación. También cabe preguntarse por qué el análisis de conglomerados se considera multivariado, porque estrictamente hablando, los grupos de empresas pueden clasificarse desde la perspectiva de observar una sola variable. Razonando en sentido contrario, si queremos un tratamiento extremo de esta simple crítica, nos preguntaremos: ¿Por qué decimos que la correlación simple requiere al menos tres variables, lo cual es contrario a su propio nombre,

si continuamos? Tira de la cuerda, entonces no lo hará. Una técnica estadística que puede que ya no sea multivariante.

En (Fernández, 2014) se menciona que con Múltiples tecnologías es posible describir la situación real. Por ejemplo, las características bioquímicas de una planta, la situación económica de una población, los atributos de una figura geométrica, el proceso de clasificación, la calidad de los productos agrícolas, el estado de pérdidas y ganancias, etc. Se pueden utilizar variables como color, altura, masa, para describir las características bioquímicas de una planta. Para explicar la situación económica de una población, estas variables incluyen la existencia de un sistema económico, el nivel de participación pública en la economía y producto interno bruto. El propósito del análisis de datos multivariados es realizar un análisis estadístico sobre una serie de variables medidas por factores comunes.

Las técnicas de análisis multivariante se han aplicado a todas las disciplinas de la ciencia y se han comenzado a desarrollar procesos específicos para solventar los problemas de clasificación de la biología, en psicología, marketing y sociología para encontrar variables e indicadores de la ingeniería y la ciencia. Por lo cual existe la seguridad que son ampliamente utilizadas, para sintetizar información y diseñar sistemas automáticos de clasificación y reconocimiento de patrones.

En la investigación de (Cayuela, 2011), menciona que, en términos generales, el análisis multivariado se refiere a cualquier método estadístico que pueda analizar simultáneamente múltiples características de cada individuo o muestra bajo investigación. Una de las dificultades para definir qué es el análisis multivariado es el hecho de que el término multivariado (o multivariado) no se utiliza de manera uniforme en la literatura. Algunos investigadores solo usan el término multivariante para referirse a la relación entre más de dos variables. Sin embargo, para que el análisis se considere verdaderamente multivariado, todas las variables deben ser aleatorias y deben estar relacionadas entre sí de manera interrelacionada, de modo que los diferentes efectos no puedan explicarse de manera independiente y significativa.

Por ejemplo, si queremos observar el impacto de las variables ambientales en diferentes especies de peces en un río, es necesario considerar todas las abundancias de cada especie en

la especie completa en lugar de considerar la abundancia de cada especie. Separación, debido a que las diferentes especies están relacionadas entre sí a través de interacciones biológicas (competencia por los recursos, depredación, etc.), es difícil distinguir estos efectos de los efectos ambientales puros (Cayuela, 2011).

En el trabajo realizado por (Quero & Inciarte, 2012), al categorizar las tecnologías recogidas en esta investigación, se consideraron dos criterios no exclusivos: el primero aborda el propósito científico principal de la investigación: por un lado, extracción de información (métodos descriptivos), por otro lado, la generación de conocimiento (el método de razonamiento). Estos dos métodos se pueden vincular a objetivos específicos de reducción de información y obtención de indicadores; clasificación y construcción de grupos; predicción y predicción de relaciones variables.

El segundo criterio de (Quero & Inciarte, 2012) considera la naturaleza o tipo de las variables involucradas y la relación entre ellas: apoyarse en técnicas analíticas (D), variables con pendientes, variables estándar o explicativas (VD) y variables independientes, predictivas o explicativas (VI); excepto interdependencia Análisis de sexo técnicas (I), no pueden distinguir entre VD y VI. El resumen de la clasificación en la tabla 10.

**Tabla 10: Clasificación métodos Multivariantes según enfoque y objetivos** (Quero Virla & Inciarte Pirela, 2012)

| <b>Objetivos</b>       | <b>Método descriptivo (información) Objetivo del método de exploración de datos: extraer información</b> | <b>Método de inferencia (conocimiento) Propósito del método de inferencia: generar conocimiento</b> |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Obtener Indicadores    | Componentes principales(I)<br>Correspondencia (I)                                                        | Factorial (I)                                                                                       |
| Clasificar             | Conglomerados (I)                                                                                        | Discriminante (D)<br>Elección discreta (D)                                                          |
| Construir grupo        | Conglomerados (I)                                                                                        |                                                                                                     |
| Variables relacionadas | Regresión múltiple (D)                                                                                   | Relacionado con el modelo (D)<br>MANOVA (D)<br>Ecuación estructural (D)                             |

Fuente: (Quero Virla & Inciarte Pirela, 2012)

Como se mencionó al principio, aunque puede haber una buena parte, obviamente no todas las clasificaciones estén en este documento. Por ejemplo, no se mencionan algunas tecnologías que se clasifican como tecnologías nuevas o emergentes: búsqueda y extracción o minería de datos, redes neuronales, muestreo repetido o remuestreo, etc. (Quero & Inciarte, 2012).

Según (Oliveira Abrão et al. 2018), muestra la desviación estándar y media de la variable morfométricas en dos variedades de huevos. Sin embargo, las medias obtenidas para la variante del huevo criollo fueron significativamente mayores que las de las variantes del huevo comercial con la exención de la circunferencia de estos.

Generalmente, las medias obtenidas para la variante del huevo criollo fueron significativamente ( $P \leq 0,05$ ) mayores que las de las variantes del huevo comercial con la exención de la circunferencia de estos. Los resultados de la literatura sobre los rasgos morfométricos de los huevos clasificados según la procedencia mostraron que los criollos tenían la media más alta para BW, BL, TL y SL. Los resultados mostraron además que había similitudes en algunas de las medidas entre las variantes de huevos comerciales,

especialmente para BW, BL, TL, SL, SN y SP ( $P > 0,05$ ). Además, la desviación estándar (DE) especialmente para el peso observada entre las variantes de huevos comerciales fue mayor en comparación con el criollo, lo que indica una variación posiblemente mayor en el peso dentro de este subgrupo.

Esto puede ser un posible reflejo de las diferencias de tamaño entre las dos variantes de huevos estudiados. Estas variaciones observadas en las medidas entre las dos variantes de huevos pueden atribuirse a peculiaridades o atributos intrapoblacionales inherentes, según lo informado por varios autores que morfométricos Las medidas son útiles para diferenciar tamaños y formas de animales. De manera similar, se observó la variación significativa entre la población de aves. Además, la desviación estándar (DE) especialmente para el peso observada entre las variantes de huevos comerciales fue mayor en comparación con el criollo, lo que indica una variación posiblemente mayor en el peso dentro de este subgrupo.

Se mostró los valores propios, la proporción de varianza (CP), la correlación canónica y el coeficiente discriminante estandarizado de las funciones 1 y 2 que describen los datos para los dos subgrupos. Se utilizaron la Lambda de Wilk ( $\lambda$ ) (0,155 y 0,639, respectivamente) y la prueba de chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) (58,736 y 14,101, respectivamente ( $P \leq 0,001$ )) para probar la significancia de las dos funciones discriminantes. Estos resultados proporcionan una base para el análisis discriminante.

Esto significa que la función 1 tiene la mejor combinación lineal de atributos suficientes para distinguir entre dos variantes de huevo. Esto fue informado de manera similar por otros autores utilizando un análisis discriminante canónico aplicado a pollos indígenas de Nigeria y un análisis discriminante multifactorial de rasgos morfológicos y tolerantes al calor en (Oliveira, y otros, 2008).

En (Úsuga & Patiño, 2008), se consideró un estudio comparativo entre análisis discriminante y regresión logística y nuevos procedimientos de clasificación (como el análisis discriminante no métrico) en el caso de dos o más grupos. Que se basan en distribuciones normales, etc., que muestran que, para matrices de varianza y covarianza y vectores medios, cuando las distribuciones normales son similares, la regresión logística obtiene buenos resultados.

Consideró, dos métodos cuando se clasifican más de dos grupos de distribución normal y no normal de tipo continuo.

El propósito de esta investigación es comparar regresiones logísticas y nuevos procedimientos de clasificación (como el análisis discriminante no métrico) en el caso de dos o más grupos. Una de las ventajas de los métodos no métricos es que es adecuado para variables cualitativas y cuantitativas, por lo que es adecuado para distribuciones específicas sin suposiciones.

Generalmente estos estudios comparativos se basan en distribuciones normales, etc., que muestran que, para matrices de varianza y covarianza y vectores medios, cuando las distribuciones normales son similares, la regresión logística obtiene buenos resultados. Como resultado de un proyecto de investigación, este artículo presenta las ventajas de los dos métodos cuando se clasifican más de dos grupos de distribución normales y no normales de tipo continuo.

La sección de información y métodos incluye la definición de dos métodos de clasificación y la descripción del proceso de generación y simulación de datos de entrenamiento; la siguiente sección incluye los resultados del programa de comparación entre los dos métodos, la aplicación simple del programa, y la última sección contiene la conclusión de la investigación (Úsuga & Patiño, 2008).

En (Úsuga & Patiño, 2008), concluyen que los resultados de la investigación permiten ver que, en términos de los parámetros propuestos, la regresión logística muestra un mejor desempeño en general porque muestra una menor tasa de clasificación errónea observacional. Aunque asumiendo una distribución normal y la matriz de varianza de covarianza es igual, la tasa de clasificación errónea es similar.

A través del análisis estadístico multivariado, existen 10 biotipos de pollos criollos, las hembras se dividen en tres categorías y los machos en dos categorías. Teniendo en cuenta las variables medidas, el peso y la longitud ósea están directamente relacionados con las características de producción de interés en el estudio. Se identificaron diez biotipos de gallinas criollas y existen evidentes diferencias físicas entre ellas. (Villacís, Escudero, Cueva, & Luzuriaga, 2016).

El análisis estadístico multivariado mostró que, tomando en cuenta los parámetros morfológicos de peso corporal y longitud, las hembras del biotipo criollo se dividieron en tres

conglomerados. Además, el análisis de varianza determinó que el primer grupo estaba compuesto por hembras, en función de su peso. Se puede considerar como una gallina pesada, el segundo grupo es una gallina ligera y el tercer grupo es una gallina mediana. Del mismo modo, para distinguir las bandadas de pollos en función de su tamaño, estos grupos se denominan pollos grandes, pequeños y medianos (Villacís, Escudero, Cueva, & Luzuriaga, 2016).

Algunas personas dicen que existe una diferencia entre los genotipos de gallinas camperas y gallinas comerciales, los huevos de gallinas camperas siempre presentan ventajas obvias, lo que hace que los huevos sean más aceptables en el sector comercial. Aunque los nutrientes como el calcio y el fósforo y los minerales estructurales en la cáscara del huevo están restringidos, la edad de la gallina, la tasa de producción del huevo y los problemas de manipulación aún pueden hacer que la cáscara del huevo sea frágil (North & Bell, 1998).

### 2.3. Modelos alternativos

Para los datos de recuento, la distribución de Poisson se usa generalmente como el componente aleatorio en el proceso de ajuste del modelo lineal generalizado. Esta distribución se caracteriza por una media y una varianza iguales. Ésta es una hipótesis difícil de probar porque las observaciones de recuento a menudo tienen una volatilidad que excede la volatilidad de las variables de Poisson. El fenómeno de que un modelo lineal generalizado tiene una mayor variabilidad que sus preajustes de componentes aleatorios se denomina sobredispersión. Existen muchas razones posibles para la existencia de una dispersión excesiva, y varias de ellas pueden intervenir al mismo tiempo en el proceso de modelado de datos. A veces, la dispersión excesiva se puede corregir combinando predictores apropiados (incluidas interacciones significativas) o utilizando diferentes funciones de combinación.

Otro caso es el Autocorrelación que es un modelo de regresión lineal clásico, el término de autocorrelación usado para expresar la influencia que tiene un término sobre cualquier otra observación. Es la correlación que existe entre los miembros de una serie de observaciones ordenadas en el tiempo o en el espacio.

### 3. Objetivos concretos y metodología de trabajo

Este capítulo describe los objetivos y metodologías de trabajo en el desarrollo de la investigación.

#### 3.1. Objetivos

El objetivo general de este trabajo de investigación de fin de máster es “Establecer una comparación entre las propiedades químicas y físicas de los huevos criollos y comerciales utilizando técnicas multivariantes y”. Para lograr este objetivo se plantean seguir los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las propiedades físicas de los huevos criollos y comerciales.
- Evaluar el contenido de proteína en huevos criollos y comerciales.
- Comparar y analizar las propiedades químicas y físicas de los huevos criollos y comerciales que permitan establecer su diferencia.

#### 3.2. Metodología del trabajo

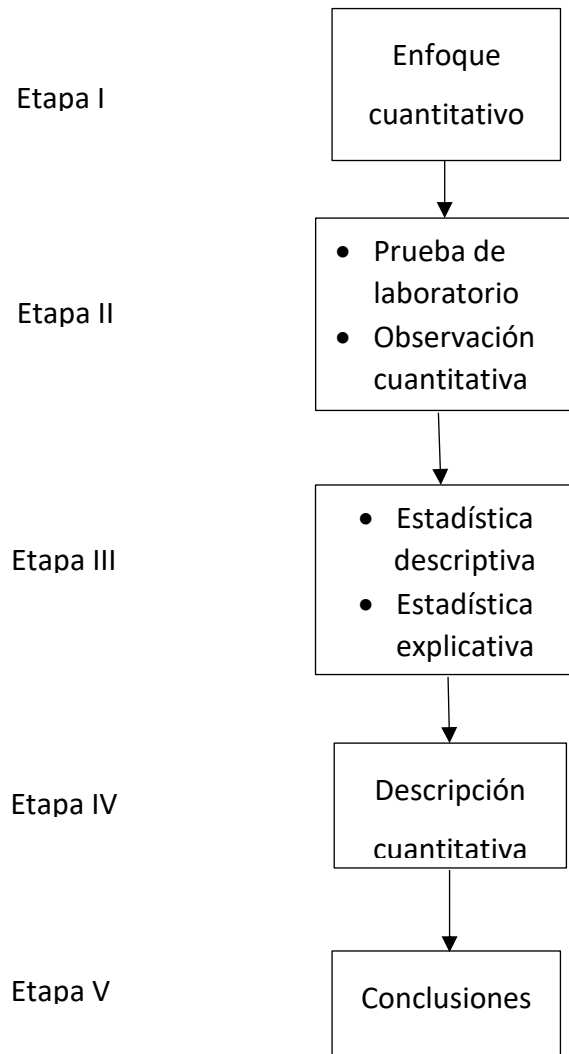
La recolección de huevos se realiza en tres pasos, durante este período, del total de huevos recolectados de manera continua, se seleccionan al azar 250 huevos por cada genotipo, se identifican los huevos según el genotipo, y las variables físicas estudiadas en los huevos son; peso (PESO), diámetro longitudinal (DIAMETRO\_LONGITUDINAL), diámetro transversal (DIAMETRO\_TRANSVERSAL) y humedad (HUMEDAD), así como variables químicas; proteína (PROTEÍNA), extracto etéreo (EXTRACTO\_ETEREO), ceniza (CENIZA) y extracto libre de nitrógeno (E.L.N.N), todas las medidas están en escala digital Vernier, micrómetro manual y vernier digital.

En el análisis de los datos experimentales, se aplica el software estadístico SPSS. Se realiza una prueba de normalidad que permite conocer la distribución de los datos de las variables, que se expresa como un histograma, y los pros y los contras de la distribución de la muestra se determinan mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, lo que determina su estándar.

Los huevos criollos son los obtenidos en las comunidades del cantón Mocache con nombres (50 por cada comunidad): El Nuevo Lechugal, El ajizal, Peñafiel, La Mariana, Garza Grande,

mientras que los huevos comerciales son los provistos por las empresas (125 por empresa): San Francisco e Indaves.

La ilustración 2 muestra las etapas metodológicas que se han seguido dentro del proceso de solución del problema.



**Ilustración 2:** Esquema del diseño de la investigación. Fuente propia.

En las etapas se observa las preguntas de investigación del estudio que son respondidas mediante los datos obtenidos por medios cuantitativos, de igual manera la recogida de datos se la realizó con aproximaciones metodológicas en forma cuantitativa.

El análisis de los datos se lo realiza por medio de técnicas multivariantes para luego interpretar los datos de acuerdo con cada método.

### **Método cuantitativo**

El estudio recogió datos cuantitativos para alcanzar los objetivos relacionados al problema a evaluar. En la selección de muestras para la investigación cualitativa, el criterio de la escala de dicotomía se utiliza para recopilar datos a través de la observación sistemática, que puede medir si existen factores a evaluar.

### **Método de análisis discriminante**

El análisis estadístico conocido como discriminante y no precisamente por su connotación peyorativa, permite estudiar simultáneamente la diferencia entre un grupo predefinido de dos variables (para un análisis simple) o más (en comparación con un análisis discriminante múltiple).

Las funciones discriminantes por obtener están relacionadas con el número de grupos determinado por la variable dependiente. Esto se debe a que el número de funciones realizadas debe ser igual al número de grupos menos uno, a menos que se determine el número de variables independientes.

La forma de obtener la función discriminante es que la primera función contiene una variable explicativa que distingue mejor entre grupos con diferentes valores, y una segunda función que es la segunda combinación de variables, que distingue en mayor medida las variables entre grupos, pero la premisa es la primera. La función de valor obtenida por cada variable no está relacionada con la primera, y así sucesivamente.

Una vez estimada la función discriminante, se puede evaluar su capacidad predictiva estableciendo el mejor puntaje de corte, que permite asignar casos a cada grupo definido por la variable dependiente, y obtener una función discriminante de valor único mediante una combinación de variables explicativas.

Dado que nuestro trabajo intenta distinguir entre dos grupos de huevos (criollos y comerciales), corresponde aplicar un análisis discriminante simple, donde la variable dependiente es la dicotomía, el método es que los dos grupos definidos sean a priori, para así obtener la función discriminante única.

Para las variables independientes o predictoras que puedan explicar el comportamiento de las variables de respuesta, también se pueden incluir variables cualitativas o categóricas, pero el método es cuantitativo o medible y aplicable, para lo cual se requiere establecer la condición para convertir a variables numéricas todas las pseudovariantes, y en base a códigos pueden tomar valores numéricos. De esta forma, ayuda a tratar variables cualitativas y cuantitativas e interpretarlas como el efecto sobre la variable dependiente que tiene una forma particular con respecto a la variable que representa la categoría de referencia.

### 3.3. Identificación de requisitos

En esta parte del documento se va a especificar los requisitos documentados, medibles que se han relacionado a las necesidades de la investigación.

#### **Contraste de hipótesis**

El modelo más usado para inferir uno o más parámetros de la población es hacer conjeturas o hipótesis sobre los parámetros de la población y utilizar la información muestral obtenida para verificar la validez de las hipótesis. Si el valor mostrado por los datos está lejos del valor apoyado por la hipótesis de la fórmula, pensaremos que nuestra hipótesis es incompatible con los datos. Por tanto, se debe rechazar la hipótesis.

Por el contrario, si los resultados de la muestra observada son consistentes con lo que respalda la hipótesis, entonces podemos aceptarlo. La teoría estadística de la prueba de hipótesis nos proporciona una forma de cuantificar la diferencia entre lo que implica la hipótesis propuesta y lo que se observa en la muestra.

Requerimientos para realizar contraste de hipótesis con pruebas paramétricas

- $N > 30$
- Se conoce el modelo de la distribución
- Aleatoriedad e independencia de datos
- Normalidad
- Homocedasticidad
- Independencia de errores
- Cuantitativas continuas

- Pruebas No paramétricas, algunas de las anteriores no se cumplen

### **Regresión lineal simple**

El análisis de regresión lineal admite construir un modelo predictivo de la variable dependiente basado en la variable independiente, modelo en el que se pretende minimizar el error cuadrado. Se inicia con la selección de variables, luego se establece una valoración de significación del modelo y finalmente, se realiza una evaluación de consideraciones y limitaciones.

### **Análisis discriminante**

El análisis discriminante es una herramienta estadística utilizada por los investigadores para analizar datos de investigación, cuando la variable de referencia o variable dependiente es un tipo y la variable predictora o variable independiente es de naturaleza de intervalo. El término variable categórica significa más de un tipo de variable dependiente.

El objetivo del análisis discriminante es desarrollar una función discriminante que no sea más que una combinación lineal de variables independientes para distinguir completamente las categorías de la variable dependiente. Esto permite a los investigadores ver si existen diferencias significativas en los predictores entre los grupos. También evalúa la precisión de la clasificación.

Esta técnica multivariante se describe por el número de categorías de la variable dependiente.

Dado que, en la estadística, todo se supone que es infinito, por lo que, en este caso, si la variable dependiente es de dos tipos, el tipo utilizado es un análisis discriminante de dos grupos. Si la variable dependiente tiene tres o más categorías, el tipo utilizado es el análisis discriminante múltiple. La principal diferencia entre los tipos de análisis discriminante es que, para dos grupos, solo se puede estimar una función discriminante. Por otro lado, para el análisis discriminante múltiple, se pueden calcular varias funciones discriminantes.

### **Software empleado**

Programas informáticos especialmente diseñado para resolver diferentes situaciones en el campo de la estadística. Hay muchos programas que no son particularmente estadísticos, pero puede realizar algunos cálculos que son adecuados para las estadísticas aplicadas. Estos

programas han promovido y continúan desarrollando el trabajo de los investigadores que desean utilizar datos estadísticos para respaldar su trabajo.

La potencia de cálculo de las computadoras puede ayudar a los investigadores a realizar cientos de pruebas de hipótesis en un corto período de tiempo. La desventaja es que los programas más complejos requieren conocimientos de programación y necesitan realizar los cálculos más laboriosos.

El software de libre elección, aunque de pago para procesar los datos es SPSS, que permite obtener los resultados luego de analizar la información en un informe de resultados que estarán representados en tablas y gráficos que contienen datos, aunque algunos sean complejos.

SPSS es un software estadístico, reconocido por su potencia y facilidad para procesar información en altas cantidades, que dependiendo de los recursos computacionales puede presentar los resultados de forma casi instantánea en un archivo que contiene el informe de resultados presentados en forma ordenada muy detallada. Este software es utilizado para realizar análisis estadísticos de casi todos los tipos y que inicialmente fue diseñado para las ciencias sociales, hoy en día se lo aplica a casi todas las ciencias. El interfaz del usuario es muy amigable e intuitivo en el que se puede mover con gran facilidad a través de pestañas clasificadas por el objetivo y desempeño.

El software SPSS permite hacer análisis de datos utilizando técnicas estadísticas descriptivas como media, mediana, moda, análisis de varianza, asimetría, curtosis, etc., estadísticos bivariados como coeficiente de correlación de Pearson, Tau-b de Kendall, coeficiente de correlación de Spearman, etc., análisis de regresión lineal y no lineal, análisis factorial, análisis discriminante, análisis clúster entre otros, así como también gráficos de representación de los datos, etc.

La base de datos de SPSS incluye estadísticas descriptivas como frecuencias de lista y de cruce, estadísticas de dos variables, ANOVA y pruebas de correlación, además realiza modelación de simulación para el control de calidad. Con SPSS, puede realizar la recopilación de la información en una base de datos para posteriores estudios y toma de decisiones.

- Funciones del SPSS

- Estadísticas avanzadas
- Modelar
- Análisis de texto
- Diseño de visualización

El programa auxiliar utilizado para organizar los datos es Excel. Además de la preparación de tablas, también funciona como una hoja de cálculo que se utiliza como herramienta avanzada para la visualización y el análisis de datos.

## 4. Descripción del modelo y resultados obtenidos

En el Capítulo 5 vamos a detallar el proceso que contempla las bases para la elección de las pruebas estadísticas que permiten analizar los datos obtenidos de los huevos para el estudio comparativo de las propiedades químicas y físicas para la obtención de resultados en el programa estadístico SPSS.

Puede utilizar la prueba de normalidad para determinar si la distribución de sus datos coincide con una distribución normal antes de poder elegir una prueba estadística.

La prueba de hipótesis, también conocida como contraste de hipótesis, también se realiza para determinar si existen diferencias significativas entre las diversas variables físicas y químicas de los huevos criollos y comerciales.

Nuestro objetivo es utilizar una herramienta de regresión lineal estadística simple para definir un modelo que pueda predecir si las variables seleccionadas están en una relación lineal. La técnica estadística de análisis discriminante permite conocer que variable discrimina más a la hora de realizar la comparativa entre las propiedades físicas y químicas.

Finalmente, se realiza una comparativa entre el resultado del contraste de hipótesis y el resultado del análisis discriminante.



Ilustración 3: Procesos de los resultados obtenidos

### 4.1. Prueba de normalidad de las variables

La prueba de normalidad se aplica a cada variable en cuestión para determinar si la muestra corresponde a una distribución normal.

Los supuestos contradictorios para cada variable son los siguientes:

$H_0$ : Los datos analizados siguen una distribución normal

$H_1$ : Los datos analizados no siguen una distribución normal

Se rechazó la hipótesis nula porque el nivel de significancia fue menor a 0,05 en todos los casos. Luego se acepta la hipótesis alternativa, lo que lleva a afirmar que los datos analizados no siguen una distribución normal.

La prueba estándar utilizada es la prueba de Kolmogorov-Smirnov porque el tamaño de la muestra es 500 y es mayor que 30. La tabla 11 muestra los resultados obtenidos con SPSS. Aquí se observa que las variables no siguen un análisis de distribución normal. El nivel de significancia es menor que 0,05.

**Tabla 11: Pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov**

|                            | TIPO DE HUEVO | Estadístico | gl  | Sig. |
|----------------------------|---------------|-------------|-----|------|
| PROTEINA (%)               | Criollo       | ,073        | 250 | ,002 |
|                            | Comercial     | ,141        | 250 | ,000 |
| EXT._ETEREO (%)            | Criollo       | ,079        | 250 | ,001 |
|                            | Comercial     | ,189        | 250 | ,000 |
| CENIZA (%)                 | Criollo       | ,158        | 250 | ,000 |
|                            | Comercial     | ,259        | 250 | ,000 |
| E.L.N.N OTROS (%)          | Criollo       | ,204        | 250 | ,000 |
|                            | Comercial     | ,302        | 250 | ,000 |
| DIAMETRO_LONGITUDINAL (mm) | Criollo       | ,081        | 250 | ,000 |
|                            | Comercial     | ,137        | 250 | ,000 |
| DIAMETRO_TRANSVERSAL (mm)  | Criollo       | ,095        | 250 | ,000 |
|                            | Comercial     | ,177        | 250 | ,000 |
| PESO (g)                   | Criollo       | ,082        | 250 | ,000 |
|                            | Comercial     | ,136        | 250 | ,000 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Ahora se analiza las frecuencias de los datos con la ayuda del software SPSS y del informe de resultados extraemos histograma para cada variable incluyendo a la humedad, variable que no se la toma en cuenta para análisis posteriores ya que el resto del análisis se basa exclusivamente en base seca, condición que permite poner en la misma base a todos los resultados de las variables.

En este sentido el histograma de frecuencia de las variables de los huevos criollos se representa en la ilustración 4: Se observa que la distribución no es normal. Aquí se han considerado todas las muestras recogidas de este tipo.

Modelado comparativo de las propiedades químicas y físicas de los huevos criollos y comerciales con técnicas multivariantes

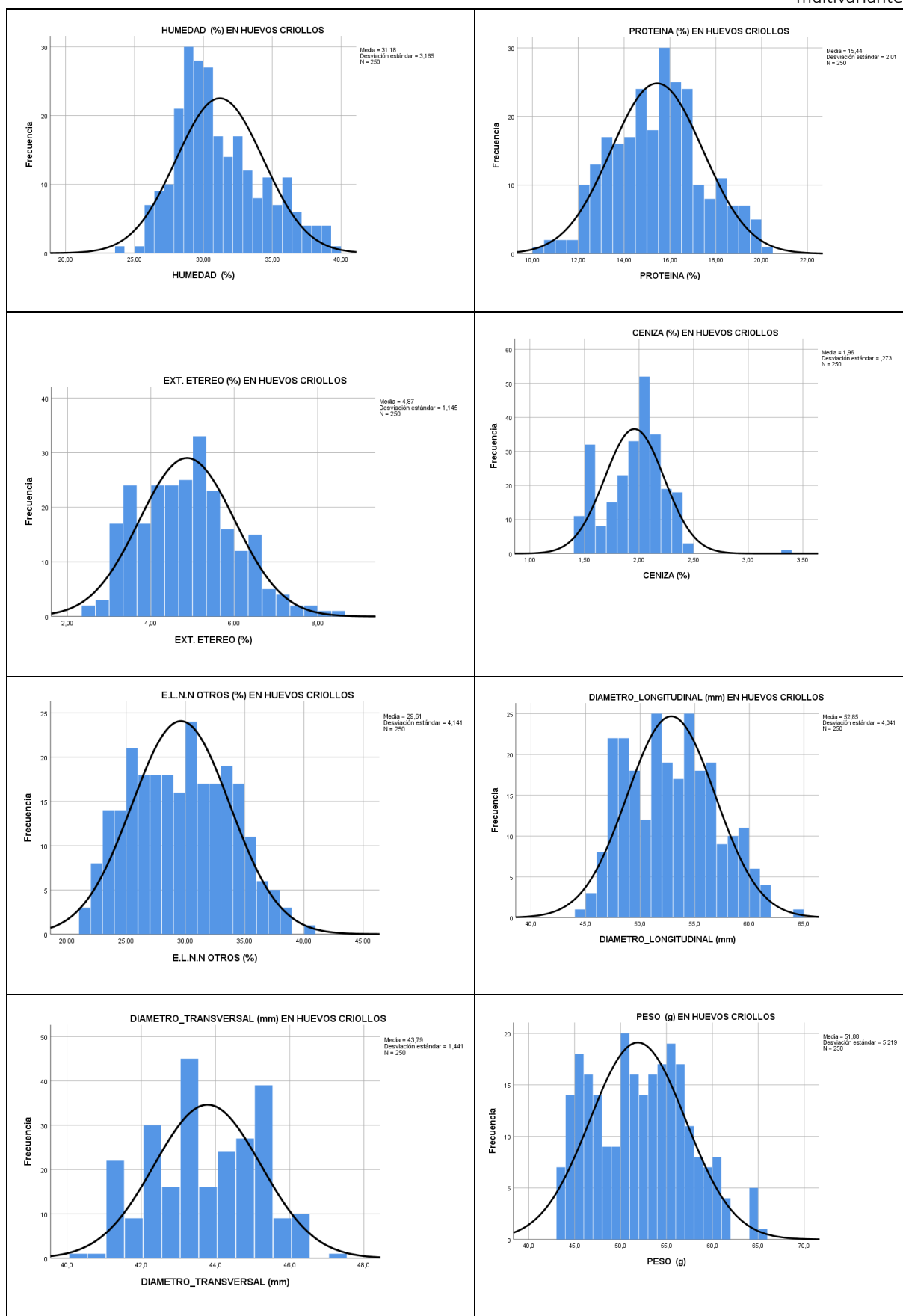


Ilustración 4: Histograma de frecuencias en los huevos criollos

■ Histograma de huevos criollos  
— Distribución Normal

En la tabla 12 se puede analizar la normalidad de la distribución de los datos de las variables de los huevos criollos basado en el análisis de los estadísticos poniendo especial atención en la asimetría y la curtosis, prueba en la que se han considerado todas las muestras recogidas para este tipo.

**Tabla 12: Análisis estadístico de asimetría y curtosis de las variables químicas y físicas de los huevos criollos**

|                             |          | Estadísticos |              |                 |            |                   |                             |                            |          |
|-----------------------------|----------|--------------|--------------|-----------------|------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|----------|
|                             |          | HUMEDAD (%)  | PROTEINA (%) | EXT._ETEREO (%) | CENIZA (%) | E.L.N.N OTROS (%) | DIAMETRO_LO NGITUDINAL (mm) | DIAMETRO_TRA NSVERSAL (mm) | PESO (g) |
| N                           | Válido   | 250          | 250          | 250             | 250        | 250               | 250                         | 250                        | 250      |
|                             | Perdidos | 0            | 0            | 0               | 0          | 0                 | 0                           | 0                          | 0        |
| Media                       |          | 37,9008      | 24,9960      | 20,0050         | 6,0121     | ,8365             | 52,851                      | 43,806                     | 51,853   |
| Error estándar de la media  |          | ,24475       | ,16875       | ,18086          | ,08438     | ,01269            | ,2554                       | ,0900                      | ,3317    |
| Desv. Desviación            |          | 3,86986      | 2,66816      | 2,85972         | 1,33421    | ,20064            | 4,0383                      | 1,4225                     | 5,2447   |
| Varianza                    |          | 14,976       | 7,119        | 8,178           | 1,780      | ,040              | 16,308                      | 2,024                      | 27,507   |
| Asimetría                   |          | ,290         | -,338        | -,158           | -,182      | ,001              | ,236                        | -,060                      | ,213     |
| Error estándar de asimetría |          | ,154         | ,154         | ,154            | ,154       | ,154              | ,154                        | ,154                       | ,154     |
| Curtosis                    |          | -,730        | -,423        | -,928           | -1,535     | -1,423            | -,732                       | -,827                      | -,726    |
| Error estándar de curtosis  |          | ,307         | ,307         | ,307            | ,307       | ,307              | ,307                        | ,307                       | ,307     |

Los estadísticos de las variables químicas y físicas para los huevos criollos se muestran en la tabla 12, poniendo especial atención en la asimetría y curtosis. Un sesgo distinto de cero de la asimetría significa que los datos no siguen las reglas normales, una curtosis negativa significa que el gráfico es una curva platicúrtica y la concentración de datos cerca de la mediana de la variable se reduce.

Por consiguiente, se realiza el histograma de frecuencia de las variables químicas y físicas de los huevos comerciales y que permite observar que no tiene una distribución normal, cómo se lo representa en la ilustración 5:

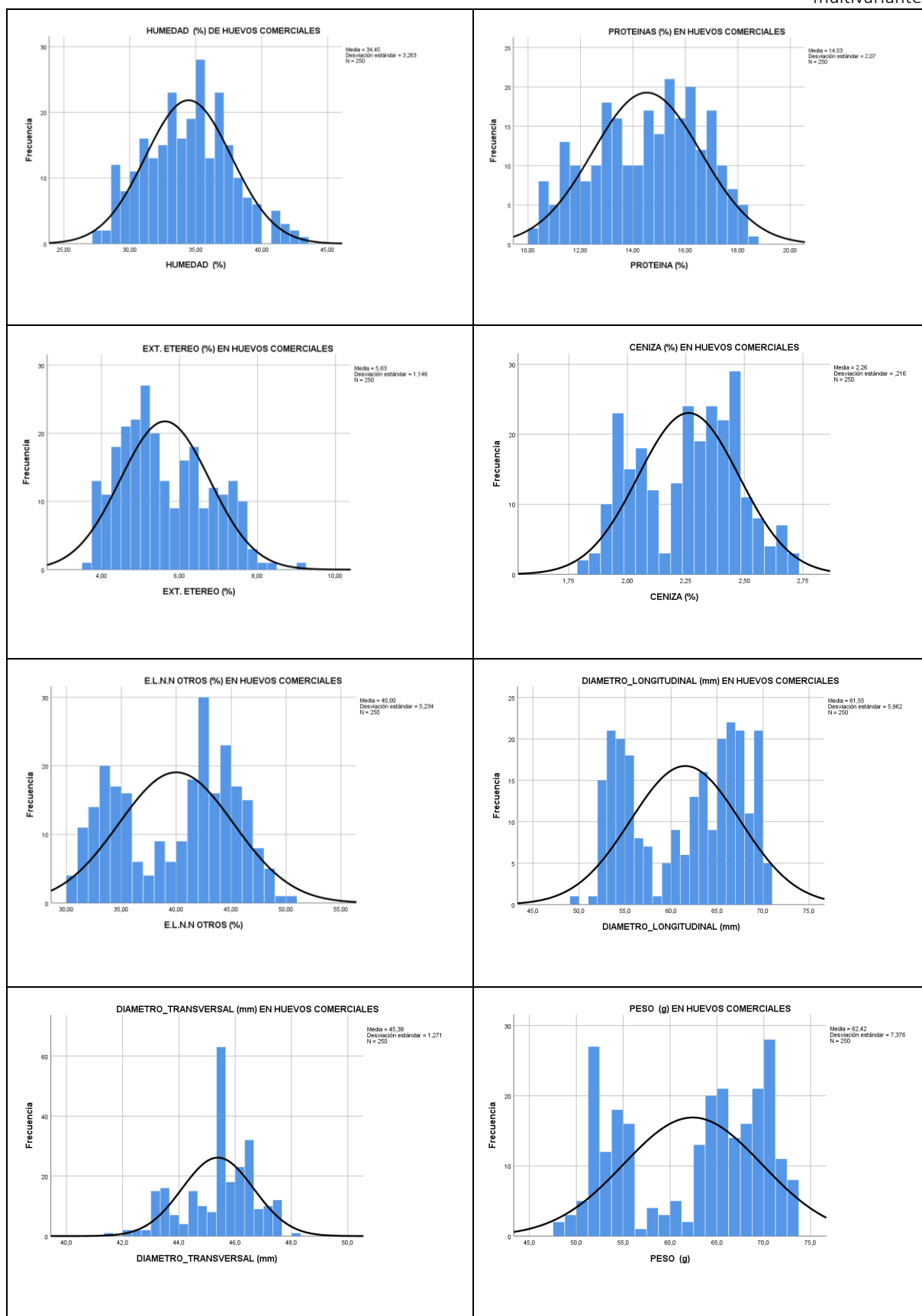


Ilustración 5: Histogramas de frecuencias en huevos comerciales

 Histograma de huevos comerciales  
 Distribución Normal

En la tabla 13 se puede analizar la normalidad de la distribución de las variables de los huevos comerciales, se han considerado todas las muestras recogidas para este tipo.

**Tabla 13: Análisis estadístico de asimetría y curtosis de las variables químicas de los huevos comerciales**

|                             |          | Estadísticos   |                 |                       |               |                      |                               |                              |             |
|-----------------------------|----------|----------------|-----------------|-----------------------|---------------|----------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------|
|                             |          | HUMEDAD<br>(%) | PROTEINA<br>(%) | EXT.<br>ETEREO<br>(%) | CENIZA<br>(%) | E.L.N.N<br>OTROS (%) | DIAMETRO_LONGITUDINAL<br>(mm) | DIAMETRO_TRANSVERSAL<br>(mm) | PESO<br>(g) |
| N                           | Válido   | 250            | 250             | 250                   | 250           | 250                  | 250                           | 250                          | 250         |
|                             | Perdidos | 0              | 0               | 0                     | 0             | 0                    | 0                             | 0                            | 0           |
| Media                       |          | 34,4492        | 14,5270         | 5,6289                | 2,2618        | 40,0012              | 61,545                        | 45,382                       | 62,418      |
| Error estándar de la media  |          | ,20637         | ,13092          | ,07250                | ,01369        | ,33103               | ,3771                         | ,0804                        | ,4665       |
| Desv. Desviación            |          | 3,26306        | 2,07002         | 1,14632               | ,21640        | 5,23399              | 5,9619                        | 1,2710                       | 7,3764      |
| Varianza                    |          | 10,648         | 4,285           | 1,314                 | ,047          | 27,395               | 35,544                        | 1,615                        | 54,411      |
| Asimetría                   |          | ,146           | -,195           | ,403                  | -,124         | -,227                | -,202                         | -,518                        | -,340       |
| Error estándar de asimetría |          | ,154           | ,154            | ,154                  | ,154          | ,154                 | ,154                          | ,154                         | ,154        |
| Curtosis                    |          | -,345          | -,970           | -,725                 | -,958         | -1,245               | -1,453                        | -,226                        | -1,372      |
| Error estándar de curtosis  |          | ,307           | ,307            | ,307                  | ,307          | ,307                 | ,307                          | ,307                         | ,307        |
| Rango                       |          | 15,80          | 8,18            | 5,45                  | ,90           | 20,26                | 20,6                          | 6,5                          | 25,0        |
| Mínimo                      |          | 27,27          | 10,32           | 3,70                  | 1,81          | 30,01                | 49,9                          | 41,5                         | 48,0        |
| Máximo                      |          | 43,07          | 18,50           | 9,15                  | 2,71          | 50,27                | 70,5                          | 48,0                         | 73,0        |

Los estadísticos de las variables químicas y físicas de los huevos comerciales se detallan en la tabla 13, en la que la asimetría indica que no existe distribución normal de los datos, mientras que la curtosis indica que el histograma se vuelve platicúrtica.

#### 4.2. Contraste de hipótesis

Entre las variables físicas PESO, DIAMETRO\_LONGITUDINAL, DIAMETRO TRANSVERSAL, y las variables químicas PROTEINA, EXT. ETEREO, CENIZA Y E.L.N.N OTROS, se realizan pruebas de hipótesis para determinar si existen diferencias significativas entre ellas, dependiendo de si son criollos o comerciales.

Hipótesis nula  $H_0$  es:

$H_0$ : No hubo diferencias significativas en la proporción de proteínas entre los huevos criollos y los comerciales.

La hipótesis alternativa es:

$H_1$ : Existe una diferencia significativa en las proporciones de proteínas entre los huevos criollos y los comerciales.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

El estadístico de prueba escogido es:

$$z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Para los 500 grados de libertad utilizados, los valores críticos para ambos lados son:

$$\alpha_{1/2} = 1,965$$

En este caso se obtiene  $z_e = 10,4$ .

Como  $z_e > \alpha_{1/2}$  Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Por lo tanto, existen diferencias significativas entre los porcentajes de proteína entre los huevos dependiendo si son criollos o comerciales.

### **Análisis no paramétrico**

Las variables no siguieron la distribución normal de los datos del análisis comparativo y hubo una diferencia significativa en las proporciones de proteínas entre los huevos criollos y los comerciales, por lo que se realizó un análisis no paramétrico mediante la prueba Rho de Spearman que determina la correlación entre PROTEINA y el resto de las variables.

Se obtiene una correlación muy fuerte entre la PROTEINA y el EXT. ETEREO si el coeficiente de correlación Rho es 0,796, además, se puede decir que no existe una correlación entre la PROTEINA y la CENIZA debido que el coeficiente de correlación Rho es -0,001, la correlación con el E.E.N.N.OTROS es una correlación negativa media con un Rho de -0,226, mientras que la PROTEINA y el DIAMETRO\_LONGITUDINAL que es una variable física tienen una correlación muy fuerte con el coeficiente de correlación Rho 0,894, de la misma manera se correlaciona con el DIAMETRO\_TRANSVERSAL con un Rho de 0,844, finalmente la Proteína tiene una correlación perfecta con la variable PESO con un Rho de 0,935.

Por otro lado, se conoce que las correlaciones cercanas a 1 sean positivas o negativas son perfectas o muy fuertes y se categoriza en la Tabla 13; se puede describir que existen otras correlaciones fuertes como la que se da entre el DIAMETRO\_LONGITUDINAL y el EXT. ETEREO dado por el coeficiente Rho de Spearman de 0,895, así como también el DIAMETRO\_TRANSVERSAL con el EXT. ETEREO con coeficiente Rho de 0,766, además la variable PESO tiene excelente correlación con el EXT. ETEREO con un coeficiente Rho de 0,910, con el DIAMETRO\_LONGITUDINAL con coeficiente Rho de 0,971, sin embargo las correlaciones que importan son las que se dan entre las variables físicas y químicas y no correlaciones entre variables físicas porque son sinónimas ya que dependen de magnitudes similares o entre variables químicas que tienen correlaciones considerables y bajas.

Los resultados obtenidos con el software SPSS para la prueba Rho de Spearman se indican en la tabla 14. Esto se aplicó a las variables físicas y químicas de huevos criollos y comerciales.

**Tabla 14: Prueba Rho de Spearman para la variación química y física en huevos criollos y comerciales**

|                 |                   |                            | Correlaciones |                 |            |                   |                            |                           |          |
|-----------------|-------------------|----------------------------|---------------|-----------------|------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|----------|
|                 |                   |                            | PROTEINA (%)  | EXT._ETEREO (%) | CENIZA (%) | E.L.N.N OTROS (%) | DIAMETRO_LONGITUDINAL (mm) | DIAMETRO_TRANSVERSAL (mm) | PESO (g) |
| Rho de Spearman | PROTEINA (%)      | Coeficiente de correlación | 1,000         | ,796**          | -,001      | -,226**           | ,894**                     | ,844**                    | ,935**   |
|                 |                   | Sig. (bilateral)           | .             | ,000            | ,982       | ,000              | ,000                       | ,000                      | ,000     |
|                 |                   | N                          | 500           | 500             | 500        | 500               | 500                        | 500                       | 500      |
|                 | EXT._ETEREO (%)   | Coeficiente de correlación | ,796**        | 1,000           | -,082      | -,356**           | ,895**                     | ,766**                    | ,910**   |
|                 |                   | Sig. (bilateral)           | ,000          | .               | ,068       | ,000              | ,000                       | ,000                      | ,000     |
|                 |                   | N                          | 500           | 500             | 500        | 500               | 500                        | 500                       | 500      |
|                 | CENIZA (%)        | Coeficiente de correlación | -,001         | -,082           | 1,000      | ,823**            | ,141**                     | ,212**                    | ,169**   |
|                 |                   | Sig. (bilateral)           | ,982          | ,068            | .          | ,000              | ,002                       | ,000                      | ,000     |
|                 |                   | N                          | 500           | 500             | 500        | 500               | 500                        | 500                       | 500      |
|                 | E.L.N.N OTROS (%) | Coeficiente de correlación | -,226**       | -,356**         | ,823**     | 1,000             | -,160**                    | -,044                     | -,141**  |
|                 |                   | Sig. (bilateral)           | ,000          | ,000            | ,000       | .                 | ,000                       | ,326                      | ,002     |
|                 |                   | N                          | 500           | 500             | 500        | 500               | 500                        | 500                       | 500      |

|  |                                |                            |        |        |        |         |        |        |        |
|--|--------------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
|  | DIAMETRO_LONGI<br>TUDINAL (mm) | Coeficiente de correlación | ,894** | ,895** | ,141** | -,160** | 1,000  | ,804** | ,971** |
|  |                                | Sig. (bilateral)           | ,000   | ,000   | ,002   | ,000    | .      | ,000   | ,000   |
|  |                                | N                          | 500    | 500    | 500    | 500     | 500    | 500    | 500    |
|  | DIAMETRO_TRANS<br>VERSAL (mm)  | Coeficiente de correlación | ,844** | ,766** | ,212** | -,044   | ,804** | 1,000  | ,883** |
|  |                                | Sig. (bilateral)           | ,000   | ,000   | ,000   | ,326    | ,000   | .      | ,000   |
|  |                                | N                          | 500    | 500    | 500    | 500     | 500    | 500    | 500    |
|  | PESO (g)                       | Coeficiente de correlación | ,935** | ,910** | ,169** | -,141** | ,971** | ,883** | 1,000  |
|  |                                | Sig. (bilateral)           | ,000   | ,000   | ,000   | ,002    | ,000   | ,000   | .      |
|  |                                | N                          | 500    | 500    | 500    | 500     | 500    | 500    | 500    |

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 15: Criterio de escala de valores del coeficiente correlación para la prueba Rho de Spearman para variables químicas y físicas de los huevos**

| RANGO         | RELACIÓN                          |
|---------------|-----------------------------------|
| -0,91 a -1,00 | Correlación negativa perfecta     |
| -0,76 a -0,90 | Correlación negativa muy fuerte   |
| -0,51 a -0,75 | Correlación negativa considerable |
| -0,11 a -0,50 | Correlación negativa media        |
| -0,01 a -0,10 | Correlación negativa débil        |
| 0,00          | No existe correlación             |
| +0,01 a +0,10 | Correlación positiva débil        |
| +0,11 a 0,75  | Correlación positiva media        |
| +0,51 a +0,50 | Correlación positiva considerable |
| +0,76 a 0,90  | Correlación positiva muy fuerte   |
| +0,91 a +1,00 | Correlación positiva perfecta     |

Fuente: (Mondragón B., 2014 Vol. 8 (1))

La tabla 15 muestra los criterios para medir el valor del coeficiente de correlación en la prueba Rho de Spearman para unificar los criterios de correlación.

### **Resumen de contrastes de hipótesis**

La tabla 16 muestra los resultados sobre la correlación entre variables químicas y físicas de los huevos criollos y comerciales, donde se presenta la hipótesis nula para cada caso, la cual, en virtud del nivel de significancia encontrado, se rechaza en cada ensayo.

**Tabla 16: Criterio de escala de valores del coeficiente correlación para la prueba Rho de Spearman para variables químicas y físicas de los huevos**

|   | Hipótesis nula                                                               | Prueba                    | Sig. | Decisión                      |
|---|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------|-------------------------------|
| 1 | La variable PROTEINA y la variable DIAMETRO_LONGITUDINAL son independientes. | Prueba de Rho de Spearman | ,000 | Se rechaza la hipótesis nula. |
| 2 | La variable PROTEINA y la variable DIAMETRO_TRANSVERSAL son independientes.  | Prueba de Rho de Spearman | ,000 | Rechace la hipótesis nula.    |
| 3 | La variable PROTEINA y la variable PESO son independientes.                  | Prueba de Rho de Spearman | ,000 | Rechace la hipótesis nula.    |

Esto determina si existe una relación lineal entre la variable PROTEINA y las variables físicas de los huevos criollos y los huevos comerciales.

#### 4.3. Regresión lineal simple

El análisis de regresión lineal le permite construir un modelo predictivo de la variable dependiente en función de la variable independiente para minimizar los errores al cuadrado.

La tabla 17 muestra la correlación entre la variable química PROTEÍNA y la variable física PESO, por lo que se realizó un análisis de regresión lineal simple para probar la relación lineal entre las variables investigadas y obtener un modelo matemático. Se considera a la PROTEINA como variable dependiente y a la variable PESO como variable independiente.

**Tabla 17: Correlaciones entre Proteína y Peso**

|                        |              | PROTEINA (%) | PESO (g) |
|------------------------|--------------|--------------|----------|
| Correlación de Pearson | PROTEINA (%) | 1,000        | ,942     |
|                        | PESO (g)     | ,942         | 1,000    |
| Sig. (unilateral)      | PROTEINA (%) | .            | ,000     |
|                        | PESO (g)     | ,000         | .        |
| N                      | PROTEINA (%) | 500          | 500      |
|                        | PESO (g)     | 500          | 500      |

De la tabla 17 se observa la significancia Sig.<0,05 por tanto, podemos concluir que existe una relación adecuada entre las variables.

**Tabla 18: Coeficientes**

| Modelo |             | Coeficientes no estandarizados |             | Coeficientes estandarizados |        |      | 95,0% intervalo de confianza para B |                 |
|--------|-------------|--------------------------------|-------------|-----------------------------|--------|------|-------------------------------------|-----------------|
|        |             | B                              | Desv. Error | Beta                        | t      | Sig. | Límite inferior                     | Límite superior |
| 1      | (Constante) | 2,044                          | ,406        |                             | 5,037  | ,000 | 1,247                               | 2,842           |
|        | PESO (g)    | ,441                           | ,007        | ,942                        | 62,775 | ,000 | ,427                                | ,455            |

a. Variable dependiente: PROTEINA (%)

Con base en la tabla 18 se logra el modelo matemático requerido, quedando expresado en la siguiente función:

$$\text{PROTEINA} = 2,044 + 0,441 * \text{PESO}$$

**Tabla 19: Resumen del modelo expresado en porcentaje**

| Resumen del modelo <sup>b</sup> |                   |            |                     |                                 |                      |                        |     |     |                  |
|---------------------------------|-------------------|------------|---------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------|-----|-----|------------------|
| Modelo                          | R                 |            | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación | Cambio en R cuadrado | Estadísticos de cambio |     |     | Sig. Cambio en F |
|                                 | R                 | R cuadrado |                     |                                 |                      | Cambio en F            | gl1 | gl2 |                  |
| 1                               | ,942 <sup>a</sup> | ,888       | ,888                | 1,30287                         | ,888                 | 3940,681               | 1   | 498 | ,000             |

a. Predictores: (Constante), PESO (g)

b. Variable dependiente: PROTEINA (%)

La tabla 19 proporciona un resumen de los modelos de prueba R cuadrado que expresa el porcentaje de varianza que explica el modelo el 88,8 %.

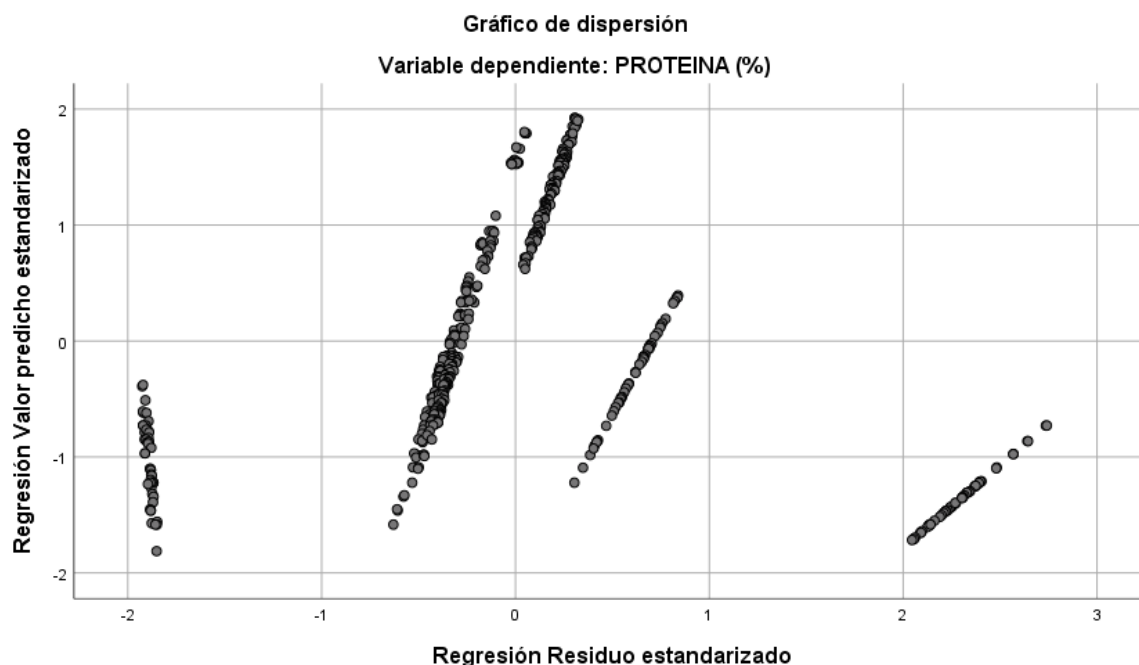


Ilustración 6: Gráfico de dispersión de la variable proteína

En la ilustración 6 se observa la linealidad de la variable química proteína frente a la variable física peso como se ha expresado en el modelo matemático encontrado al realizar el análisis de regresión simple en el software SPSS:  $PROTEINA = 2,044 + 0,441 * PESO$ .

#### 4.4. Análisis discriminante

El modelo matemático que se realizó para el análisis discriminante incluye variables independientes que son las características de las propiedades químicas y físicas de los huevos criollos y comerciales, además se considera una variable dependiente, este modelo matemático se consideran dos grupos, entre los cuales se busca identificar las variables que más discriminan.

##### **Selección de variables**

La selección de variables se basa en la prueba de igualdad de medias observada en la prueba de igualdad grupal generada por SPSS.

**Tabla 20: Prueba de igualdad de medias grupales**

|                            | Lambda de Wilks | F       | gl1 | gl2 | Sig. |
|----------------------------|-----------------|---------|-----|-----|------|
| PROTEINA (%)               | ,660            | 256,125 | 1   | 498 | ,000 |
| EXT._ETEREO (%)            | ,720            | 194,048 | 1   | 498 | ,000 |
| CENIZA (%)                 | ,927            | 39,237  | 1   | 498 | ,000 |
| E.L.N.N OTROS (%)          | 1,000           | ,205    | 1   | 498 | ,651 |
| DIAMETRO_LONGITUDINAL (mm) | ,577            | 364,839 | 1   | 498 | ,000 |
| DIAMETRO_TRANSVERSAL (mm)  | ,744            | 171,152 | 1   | 498 | ,000 |
| PESO (g)                   | ,593            | 341,202 | 1   | 498 | ,000 |

La prueba estadística igualdad de media para grupos permite comparar supuestos sobre la igualdad de medias entre grupos para cada variable independiente. La tabla 20 verificó previamente que los diferentes grupos de huevos eran variables en base seca, cómo la significancia es menor que 0,005 se concluye que los grupos son diferentes en media, no así E.L.N.N.OTROS con significancia mayor que 0,005; adicionalmente se determina que el lambda de Wilks = 0,744 y F de Snedecor = 364,839 correspondiente a la variable física DIAMETRO\_TRANSVERSAL tiene el mayor poder discriminante; mientras que la variable química PROTEINA con lambda de Wilks = 0,660 y F de Snedecor = 256,125 es la que mejor discrimina.

**Tabla 21: Logaritmo de los determinantes**

| TIPO DE HUEVO               | Rango | Logaritmo del determinante |
|-----------------------------|-------|----------------------------|
| Criollo                     | 4     | -1,082                     |
| Comercial                   | 4     | -7,239                     |
| Dentro de grupos combinados | 4     | -,309                      |

Los logaritmos naturales y los rangos de determinantes impresos son los de las matrices de covarianzas de grupo.

La tabla 21 indica los logaritmos de los determinantes de cada matriz utilizada para calcular el estadístico M-Box, como el estadístico calculado es multivariante, es posible discernir que grupos son los que más difieren.

**Tabla 22: Resultados de prueba M de box para grupos**

| Resultados de prueba |        |             |
|----------------------|--------|-------------|
| M de Box             |        | 1918,212    |
| F                    | Aprox. | 190,163     |
|                      | gl1    | 10          |
|                      | gl2    | 1185676,494 |
|                      | Sig.   | ,000        |

Prueba la hipótesis nula de las matrices de covarianzas de población iguales.

El uso de la Tabla 22 proporciona M de Box, que autoriza rechazar la hipótesis de igualdad de matrices de covarianza-varianza (Sig. = 0,000 < 0,05), además se define que grupo cambia más que el otro, por lo que se determina que no hay homocedasticidad entre ellos. El valor de significancia en la tabla Lambda de Wilks confirma la importancia de la variable discriminante por lo que su capacidad se acepta.

**Tabla 23: Autovalores**

| Función | Autovalor          | % de varianza | % acumulado | Correlación canónica |
|---------|--------------------|---------------|-------------|----------------------|
| 1       | 1,403 <sup>a</sup> | 100,0         | 100,0       | ,764                 |

a. Se utilizaron las primeras 1 funciones discriminantes canónicas en el análisis.

La tabla 23 presenta el autovalor de la función canónica discriminante, y que interpreta la variabilidad total atribuible a la función, como su valor es 1,403 discrimina mucho. Por otro lado, la correlación canónica es igual a 0,764 por lo tanto la función discrimina mucho.

**Tabla 24: Lambda de Wilks**

| Prueba de funciones | Lambda de Wilks | Chi-cuadrado | gl | Sig. |
|---------------------|-----------------|--------------|----|------|
| 1                   | ,416            | 434,835      | 4  | ,000 |

En la tabla 24 se observa que su significancia es menor que 0,005, en tal virtud la función a extraer es significativa.

**Tabla 25: Coeficientes de función discriminante canónica estandarizados**

|                            | Función<br>1 |
|----------------------------|--------------|
| EXT. ETEREO (%)            | -,960        |
| CENIZA (%)                 | 2,130        |
| E.L.N.N OTROS (%)          | -2,159       |
| DIAMETRO_LONGITUDINAL (mm) | 1,437        |

En la tabla 25 se presenta los coeficientes de las funciones canónicas discriminantes estandarizados, que revelan la función discriminante que se expresa como:

$$F_1 = -0,960 \text{ EXT ETEREO} + 2,130 \text{ CENIZA} - 2,159 \text{ E.L.N.N OTROS} + 1,437 \text{ DIAMETRO\_LONGITUDINAL}$$

La variable con mayor importancia en el cálculo de la función discriminante es la ceniza y el diámetro longitudinal.

#### 4.5. Contraste de hipótesis V.S. Análisis discriminante

Para concluir el trabajo de análisis comparativo de los huevos criollos y comerciales se analizó la relacionan entre las variables más importantes del contraste de hipótesis y las variables que resultan discriminantes en el análisis de discriminación.

Por un lado, en la tabla 11 se tiene que todas las variables tanto físicas como químicas son estadísticamente significativas de acuerdo con su sig. < 0,005, en la tabla 12 la mejor

correlación entre la variable PROTEÍNA y el PESO se expresa mediante el coeficiente de correlación  $Rho = 0,935$  y sig. Bilateral  $< 0,0005$  pronosticado es la mejor correlación entre las variables químicas y físicas.

Además, la variable proteína también se correlaciona muy bien con la variable diámetro longitudinal con una correlación  $Rho = 0,894$  y sig. Bilateral  $< 0,0005$  lo que le convierte en una excelente pareja de variables, por otro la de la tabla 20 con base a la prueba de igualdad de medias de grupos se determina que la variable con menor  $\lambda = 0,577$  es la variable diámetro longitudinal y la F de Snedecor más alta  $= 364,839$  por lo que tiene un alto poder discriminante. Luego le sigue la variable proteína con menor  $\lambda = 0,660$  y la F de Snedecor  $= 256,125$  con lo que se puede afirmar que tendrá un alto poder discriminante.

Es necesario anotar que las variables físicas tienen características similares que dan forma y peso al huevo por lo cual se escoge solo una variable física que tiene el más alto poder discriminante como es el diámetro longitudinal.

De la tabla 25 se extrae que la variable más importante en la función discriminante es la variable diámetro longitudinal que aporta con un coeficiente de 1,437 a la función discriminante.

Con todo lo expuesto se puede concluir que tanto el contraste de hipótesis, como el análisis discriminante están de acuerdo en que la variable diámetro longitudinal es la que más influye en la comparativa de los huevos criollos y comerciales y que permite discriminar o diferenciar a los 2 genotipos de huevos en estudio.

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

El Capítulo 5 muestra los aportes positivos que se han hecho en la realización de la investigación y los resultados obtenidos en relación con las metas planteadas. Además, también brinda expectativas de trabajos futuros que no se puede resolver en poco tiempo.

### 5.1. Conclusiones

Se ha establecido la comparativa entre los huevos criollos y comerciales utilizando técnicas multivariantes y contraste de hipótesis, se determinó dos grupos; primero en cuanto a mayor contenido de proteína y diámetro longitudinal están los huevos criollos; es necesario destacar que la variable diámetro longitudinal es la que más aporta al momento de realizar una clasificación en grupos de estos 2 genotipos de huevos.

Se han determinado las propiedades físicas de los huevos criollos y los huevos comerciales, que son: diámetro longitudinal, diámetro transversal y peso.

Se evaluó el contenido de proteína en huevos criollos y comerciales, luego del análisis de regresión lineal simple se observó que existe una relación lineal entre las dos variables (proteína y peso).

De acuerdo con el análisis discriminante se determinó que mediante la prueba de igualdad donde se compara las medias de grupos y permite contrastar la hipótesis, cómo la significancia es menor que 0,005 se concluye que los grupos son diferentes en media y que uno de los grupos es más variable que el otro, la variable que más discrimina es la variable Diámetro longitudinal.

### 5.2. Líneas de trabajo futuro

Se recomienda describir el modelo que permita señalar las propiedades de los huevos que inciden en la preferencia de consumo entre los habitantes de las asociaciones del cantón Mocache.

Crear un modelo que permita evaluar la variación de la composición química –física de los huevos según el tipo de alimentación, edad, clima, variedad de aves.

Elaborar una aplicación informática que permita automatizar la comparativa de las propiedades físico – químicas de varios tipos de huevos.

## Referencias bibliográficas

- Acevedo, O. A., & Martinez, C. J. (2016). La agricultura familiar en Colombia. Estudios de caso desde la multifuncionalidad y su aporte a la paz. Bogotá, Colombia: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia.
- Andrade, V., Vargas, J., Lima, R., Moyano, J., Navarrete, H., López, J., & Sánchez, J. (2015). CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL HUEVO DE GALLINAS CRIOLLA Y CAMPERA (*Gallus domesticus*) EN LA REGIÓN AMAZÓNICA DEL ECUADOR. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 52, 53.
- Araujo, J. M. (2014). Manual Introductorio al Uso del Programa PSPP para El Análisis de Datos. *Las casas*, 10(2), 1-66.
- Barreto, V. A. (2012). El progreso de la Estadística y su utilidad en la evaluación del desarrollo. *Papeles de población*, 18(73), 1-31.
- Bregendahl, K., & Roberts, S. (2009). *The ideal amino acid profile for laying hens*. Obtenido de <http://www.catalysis-news.es/envios/septiembre2013/1/download/The%20Ideal%20AminoAcidProfileForLayingHens.pdf>
- Buxarrais, M. R. (2016). Redes sociales y educación. (E. i. Society, Ed.) 17(2). Obtenido de 2444-8729
- Carvajal, P., Trejos, A., & Soto Mejía, J. (2004). Aplicación del análisis discriminante para explorar la relación entre el examen de icfes y el rendimiento en álgebra lineal de los estudiantes de ingeniería de la UTP en el período 2001-2003. (U. T. Pereira, Ed.) *Scientia Et Technica*, 191-196.
- Cástor, G. G., & Barreiro, A. (2006). *Tratamiento de datos*. (D. d. Santo, Ed.) España: Universidad de Vigo.
- Colas, M., Pérez, O., & Támbara. (2018). Influencia del hidrolizado de proteínas en el comportamiento bioproductivo en gallinas de la línea L1 White Leghorn. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 140-154. doi:10.15446/rfmvz.v65n2.75635
- Conave. (2019). *Estadísticas del sector avícola*. Obtenido de Corporación Nacional de Avicultores Del Ecuador: <https://www.conave.org/informacion-sector-avicola-publico>
- Cuvi, E. (2016). Efecto de los tiempos de conservación a temperatura ambiente en la calidad del huevo de gallinas ponedoras raza Lohmann Brown en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA). *Proyecto de Investigación y Desarrollo en opción del título de Ingeniera Agropecuaria. Universidad Estatal Amazónica. Puyo –Pastaza*.
- Elibol, O., & J, B. (2008). Caracterización del sistema de producción de la gallina criolla en 5 comunidades rurales de Colombia. *Poultry Science*, 81(6), 1237-1241. doi:10.3382/ps.2007-00469

- Fao. (2015). El Huevo en Cifras: FAO Infographic. : Food and Agriculture. Italy, Rome.
- Fernández, M. J. (2014). *Análisis Multivariante Colección manuales uex - 59*. Extremadura: UEES.
- Hair, J. F., Black, W. C., & Babin, B. J. (2010). *Multivariate Data Analysis: A Global Perspective*. Pearson Education.
- Ingram, D., Hatten, L., & Homan, K. (2008). A study on the relationship between eggshell color and eggshell quality in commercial broiler breeders. *Int. J. Poult. Sci.*, 7, 700-703.
- Jacome, E. (2018). Comparación de proteína y grasa total mediante técnicas de laboratorio entre huevos comerciales y huevo de campo.
- Jean, P. L., & Varela, M. J. (2006). *Modelización con estructuras de covarianzas en ciencias sociales*. España: Netbiblo.
- Juárez, C. A., Gutiérrez, V. E., Segura, C. J., & Santos, R. (01 de 2010). Calidad del huevo de gallinas criollas criadas en traspatio en Michoacan, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(1), 109-115.
- Mendenhall, W., Beaver, R. J., & Barbara, B. M. (2002). *Introducción a la probabilidad y estadística*. (Thomson, Ed.)
- Mendoza, M. R., Dorantes, C. E., Cedillo, M. J., & Arriaga, X. J. (Diciembre de 2016). El método estadístico de análisis discriminante como herramienta de interpretación del estudio de adicción al móvil, realizado a los alumnos de la Licenciatura en Informática Administrativa del Centro Universitario UAEM Temascaltepec. *RIDE*. doi: 10.23913/ride.v7i14.282
- Miranda, J., Guerrero, C. A., & Partal, L. P. (2000). Reología de derivados de la yema de huevo deshidratada. *Universidad de Sevilla*. , 51(4), 244-250.
- Mondragón B., M. A. (2014 Vol. 8 (1)). Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en fisioterapia. *Movimiento Científico*, 98-104.
- Moya, J., & Cruz, A. (2017). Factores que afectan la incubabilidad de huevo fértil en aves de corral . *Nutrición Animal Tropical*, 11(1), 16 –37.
- North, M., & Bell, D. O. (1998). *Manual de producción avícola*. 4ª ed . Chaman & Hall.
- Oliveira, A. F., Oliveira, S. D., Dijkstra, R. F., Neto, L., Curcino, B., & Robson, D. (2008). *Archivos de Zootecnia*.” *Archivos de Zootecnia*, 66 (253), 141–50.

- Paredes, M. A., Romero, A. C., Vallejos, L., & Mantilla, J. (2019). Crecimiento y comportamiento reproductivo de la gallina criolla de huevos con cáscara verde de la provincia de Chota, Cajamarca. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2). doi:10.15381/rivep.v30i2.16070
- Payne, L. N. (2001). Avian leukosis virus – new mutations: A threat for the upcoming century. *World's Poultry Science Journal*, 57, 265–274.
- Quero, V. M., & Inciarte, P. K. (agosto de 2012). Clasificación de las Técnicas Estadísticas Multivariantes. *TELOS*, 14(2), 275-286.
- Ramírez, A., González, J., Andrade, V., & Torres, V. (2016). Efecto de los tiempos de conservación a temperatura ambiente, en la calidad del huevo de gallinas camperas (*Gallus domesticus*) en la Amazonia Ecuatoriana. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(12), 1-17.
- Rodriguez, N. A., & Garcia, R. J. (2002). Br. Poult. Sci. *Influence of the microstructure and crystallographic texture on the fracture strength of hen's eggshells*, 43, 95-403.
- Romero, S. M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Enfermería del Trabajo*, 6(3), 36-46.
- Rubio, H. M., & Vilà, B. R. (2016). El análisis de conglomerados bietápico o en dos fases SPSS. *Institut de Ciències de l'Educació REIRE*, 118-127. doi:10.1344/reire2017.10.11017
- Scatolini, A. (2010). Características físicas, químicas y microbiológicas de huevos almacenados a diferentes condiciones de envasado a temperatura ambiente. *Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"*, 83-85.
- Toalombo, V. P., Villafuerte, G. A., Benavidez, L. J., & Oleas, C. E. (agosto de 2018). Caracterización del mercado de huevo comercial (gallina lohmann brown) versus el huevo criollo (gallina de campo) en la provincia de Tungurahua. (E. S. (ESPOCH), Ed.) 6(1), 1-11.
- Torrado, E. (2017). Medición de parámetros productivos y económicos de gallinas de postura de la línea BABCOCK BROWN de las semanas 43 a la 50 de la granja avícola el silencio en Ocaña. *Tesis*. Colombia, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña: Norte de Santander. Proyecto de Grado para Optar el Título de Zootecnista.
- Úsuga, M. O., & Patiño, R. C. (2008). Análisis discriminante no métrico y regresión logística en el problema de clasificación. *Tecno Lógicas*, 21, 13-29.
- Valdés, J. (2009). La cáscara del huevo: ¿desecho o valor agregado? *Cubana Aliment Nutr*, 19(1).  
Obtenido de  
[http://www.revicubalimentanut.sld.cu/Vol\\_19\\_1\\_Suplemento/Ponencia%20Jesus%20Valdes.pdf](http://www.revicubalimentanut.sld.cu/Vol_19_1_Suplemento/Ponencia%20Jesus%20Valdes.pdf)

- Vargas, S. A. (2004). *Estadística descriptiva e inferencial*.
- Villacís, R. G., Escudero, S. G., Cueva, C. F., & Luzuriaga, N. A. (2016). Características Morfométricas de las Gallinas Criollas de Comunidades Rurales del Sur del Ecuador. *Rev Inv Vet Perú*, 27(2), 218-224. doi:10.15381/rivep.v27i2.11639
- Yang, Z. H., & Wang, J. L. (17 de enero de 2009). Study on the relationship between eggshell colors and egg quality as well as shell ultrastructure in Yangzhou chicken. (Y. U. College of Animal Science and Technology, Ed.) *African Journal of Biotechnology*, 8(12), 2898-2902.