

Elaboración de Harina de Calcio a Partir de las Cascaras de Huevo de Gallina (Gallus  
Gallus) para Suplemento en las plantas en Matanza Santander

Orlando Quijano

Trabajo de Grado para Optar el Título de Administración Agroindustrial

Director

Doris Eugenia Suarez Monsalve

Magister en Ingeniería con Especialidad en Calidad y Productividad

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia (IPRED)

Administración Agroindustrial

Bucaramanga

2026

### **Dedicatoria**

Este proyecto se lo dedico con todo mi cariño, admiración y gratitud a mi esposa Sandra Milena Pinto, quien ha sido mi mayor fuente de inspiración, apoyo incondicional y fortaleza durante todo este proceso académico. Su comprensión, paciencia y amor fueron el pilar que me sostuvo en los momentos de mayor desafío, brindándome siempre palabras de ánimo y confianza para continuar. Gracias por creer en mí, por acompañarme en cada paso y por compartir conmigo los sacrificios y las alegrías que hicieron posible la culminación de esta meta.

Extiendo también esta dedicatoria a mi familia, quienes con su presencia constante, consejos sabios y apoyo emocional me dieron la energía necesaria para no rendirme ante las adversidades. Cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo y cada muestra de cariño fueron fundamentales para alcanzar este logro, que no solo me pertenece, sino que también es el reflejo del esfuerzo conjunto y del amor familiar que me ha guiado desde el inicio.

Este trabajo representa el resultado de años de dedicación, disciplina y aprendizaje, pero, sobre todo, simboliza el fruto de la unión, la fe y la esperanza compartida con quienes han creído en mis capacidades y me han impulsado a seguir creciendo como persona y como profesional. A ellos, con todo mi corazón, les dedico este logro que marca una etapa significativa en mi vida.

### **Agradecimientos**

Expreso mi más sincero y profundo agradecimiento a la **Universidad Industrial de Santander (UIS)**, institución que me abrió las puertas al conocimiento y me permitió crecer no solo como estudiante, sino también como ser humano comprometido con la sociedad. A su distinguido grupo de docentes, quienes, con su dedicación, exigencia académica y vocación por la enseñanza, sembraron en mí los valores de la responsabilidad, el compromiso y la excelencia profesional. Gracias a sus enseñanzas, hoy cuento con una formación sólida que me permite aportar soluciones reales y sostenibles a los retos que enfrenta nuestro entorno.

A la **Gobernación de Santander**, mi más sincero reconocimiento por haberme brindado la oportunidad de acceder a la educación superior mediante la beca que hizo posible culminar mis estudios universitarios. Este apoyo fue fundamental para avanzar con determinación y hacer realidad un sueño que hoy se convierte en un compromiso con el desarrollo de nuestra región. La confianza depositada en mí a través de este programa educativo representa un impulso invaluable para seguir trabajando por el progreso del departamento y retribuir, desde mi labor profesional, el apoyo recibido.

Extiendo mi agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, hicieron parte de este proceso, ofreciendo su tiempo, sus palabras de aliento, su amistad y sus conocimientos. Cada uno de ellos dejó una huella en mi formación y contribuyó a fortalecer mi vocación por el aprendizaje, la investigación y el servicio.

Finalmente, agradezco a mi familia y seres queridos, quienes fueron mi soporte emocional en los momentos más exigentes, brindándome comprensión y motivación constante.

Gracias a su apoyo incondicional, este logro se convierte en una meta compartida y en un testimonio de esfuerzo, perseverancia y esperanza.

A todos ustedes, gracias por haber creído en mí y por hacer posible que este proyecto sea una realidad que marca el cierre de una etapa y el inicio de nuevos desafíos profesionales.

## Tabla de Contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>12</b>
<b>1. Objetivos .....</b>	<b>15</b>
1.1 Objetivo General.....	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
<b>2. Cuerpo del Trabajo .....</b>	<b>16</b>
2.1 Marco Referencial.....	16
Marco teórico .....	25
Marco conceptual.....	27
Marco legal.....	27
2.1.1 Metodología.....	28
2.1.2 Resultados.....	46
<b>3. Conclusiones .....</b>	<b>52</b>
<b>4. Recomendaciones.....</b>	<b>54</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>55</b>
<b>Apéndices .....</b>	<b>57</b>

**Lista de Tablas**

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Características metodológicas de la investigación .....	29
<b>Tabla 2.</b> Propiedades físicas, químicas y nutricionales de las cáscaras de huevo .....	32
<b>Tabla 3.</b> Rendimiento de cascaras de huevo.....	37
<b>Tabla 4.</b> Requisito físico químicos y microbiológicos harina de calcio.....	38
<b>Tabla 5.</b> Ensayos de transformación de cáscaras de huevo en harina de calcio .....	40
<b>Tabla 6.</b> Características materia prima.....	46
<b>Tabla 7.</b> Variables del proceso.....	48
<b>Tabla 8.</b> Resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos realizados a la harina de calcio de cascaras de huevo.....	49
<b>Tabla 9.</b> Resultados obtenidos en los análisis microbiológicos realizados a la harina de calcio de cascaras de huevo.....	50

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Flujograma de producción de harina de calcio de cáscara de huevo .....	34

**Lista de Apéndices**

	pág.
Apéndice A.....	57
Apéndice B.....	57

### Glosario

**Agroalimentario:** actividades relacionadas con la producción procesamiento y distribución y consumo de alimentos.

**Demográfico:** hace referencia a la cantidad de personas que habitan un área determinada y su distribución en términos de edad, sexo, raza, etnia entre otros.

**Harina de calcio:** tipo de suplemento que se obtiene a partir de las cascarras de huevo, huesos de animales o minerales calcáreos.

**Suplemento:** sustancia, objeto que se añade o agrega a algo para mejorar o complementar su función o contenido.

**Tamizaje:** proceso de separación de partículas de diferentes tamaños utilizando un tamiz.

## Resumen

**Título:** Elaboración de harina de calcio a partir de las cascaras de huevo de gallina, (*Gallus gallus*) para suplemento en las plantas en matanza Santander<sup>†</sup>

**Autor:** Orlando Quijano<sup>‡</sup>

**Palabras Clave:** Harina de calcio, Tamizaje, Demográfico, Agroalimentario, Suplemento.

### Descripción:

El presente proyecto tuvo como finalidad la elaboración de una harina de calcio como suplemento mineral natural para plantas, mediante el aprovechamiento de cáscaras de huevo de gallina (*Gallus gallus*), un residuo orgánico generado en grandes cantidades en hogares, restaurantes y plantas de alimentos. La iniciativa se fundamentó en principios de sostenibilidad ambiental, producción limpia y aprovechamiento de subproductos, con el propósito de disminuir la generación de desechos sólidos y ofrecer una alternativa económica y ecológica frente a los fertilizantes minerales convencionales.

Las cáscaras de huevo, ricas en carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), constituyen una fuente natural de este mineral esencial para el desarrollo vegetal, ya que contribuyen al fortalecimiento estructural de las plantas, a la regulación del pH del suelo y a la mejora en la absorción de nutrientes. El proceso de transformación incluyó etapas de recolección y selección, lavado, secado en horno a 100 °C, molienda y tamizado, hasta obtener una harina fina y homogénea.

El producto final fue apto para su aplicación directa al suelo o como componente de abonos orgánicos y cumplió con las normas microbiológicas y agroindustriales vigentes en Colombia, garantizando su seguridad y calidad. En conjunto, el proyecto representó un aporte técnico y ambiental, promoviendo la innovación agrícola, el uso sostenible de residuos y la conciencia ecológica

---

<sup>†</sup>Trabajo de Grado

<sup>‡</sup> Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia (IPRED), Administración Agroindustrial, Directora Doris Eugenia Suarez Monsalve

### Abstract

**Title:** Production of Calcium Flour from Eggshells as a Supplement for Plants in Matanza, Santander<sup>§</sup>

**Author:** Orlando Quijano<sup>\*\*</sup>

**Keywords:** Calcium Flour, Sieving, Demographic, Agri-food, Supplement.

### Description:

The purpose of this project was to develop a calcium flour as a natural mineral supplement for plants, using chicken eggshells (*Gallus gallus*), an organic waste product generated in large quantities by households, restaurants, and food processing plants. The initiative was based on principles of environmental sustainability, clean production, and the utilization of byproducts, with the aim of reducing solid waste generation and offering an economical and ecological alternative to conventional mineral fertilizers.

Eggshells, rich in calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ), are a natural source of this essential mineral for plant development, as they contribute to strengthening plant structure, regulating soil pH, and improving nutrient absorption. The transformation process included stages of collection and selection, washing, oven drying at 100 °C, grinding, and sieving, until a fine and homogeneous flour was obtained.

The final product was suitable for direct application to the soil or as a component of organic fertilizers and complied with current microbiological and agro-industrial standards in Colombia, guaranteeing its safety and quality. Overall, the project represented a technical and environmental contribution, promoting agricultural innovation, the sustainable use of waste, and ecological awareness.

---

<sup>§</sup> thesis

<sup>\*\*</sup> Institute for Regional Projection and Distance Education (IPRED), Agro-industrial Administration, Director Doris Eugenia Suarez Monsalve

## Introducción

El crecimiento de la población mundial, que hoy supera los 8 mil millones de personas, ha incrementado la presión sobre los recursos naturales y los sistemas productivos, generando problemáticas como el cambio climático, la degradación de los ecosistemas y la acumulación de residuos sólidos. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) advierte que cerca de un tercio de los alimentos producidos globalmente se pierde o desperdicia cada año, lo que representa no solo una pérdida económica, sino también un desaprovechamiento de recursos como agua, energía y nutrientes. Frente a este panorama, el manejo ineficiente de los residuos orgánicos constituye un desafío que limita el avance hacia modelos sostenibles de producción y consumo (FAO, 2002).

En este contexto, el huevo es un alimento fundamental en la dieta mundial por su alto valor nutricional, accesibilidad y versatilidad. Sin embargo, su consumo y procesamiento generan grandes volúmenes de cáscaras, que generalmente son desechadas en rellenos sanitarios. A pesar de ser biodegradables, su acumulación masiva ocasiona problemas de almacenamiento, malos olores, proliferación de microorganismos y emisión de gases de efecto invernadero como el metano, contribuyendo al deterioro ambiental. Esta situación representa una oportunidad perdida, pues la cáscara de huevo contiene aproximadamente un 93 % de carbonato de calcio, lo que la convierte en un recurso de gran potencial para ser reutilizado en sectores como la agricultura (FACULTAD DE AGRONOMÍA, 2008).

En Colombia, la disposición final de residuos sólidos es una problemática creciente debido a la limitada capacidad de los rellenos sanitarios, que en muchas regiones se encuentran cerca de su saturación. La falta de aprovechamiento de residuos orgánicos, como la cáscara de

huevo, no solo incrementa los costos de disposición, sino que también genera impactos negativos en la salud ambiental y comunitaria. A nivel agrícola, esta situación contrasta con la necesidad de implementar insumos sostenibles que mejoren la fertilidad del suelo y reduzcan la dependencia de fertilizantes químicos, especialmente en suelos ácidos que limitan la productividad de los cultivos (Osvaldo Pedraza, Estrada Bonilla, & Bonilla Buitrago, 2018).

La problemática se hace aún más evidente en el corregimiento de Santa Cruz de la Colina, donde los suelos se caracterizan por su acidez, afectando el rendimiento de los cultivos y la seguridad alimentaria de la población. Al mismo tiempo, la disposición inadecuada de cáscaras de huevo, mezcladas con otros desechos, contribuye a la contaminación ambiental y a la generación de gases nocivos. El desconocimiento de su potencial como fuente de calcio ha impedido que este residuo se convierta en una solución para los agricultores locales.

Con base en lo anterior, se plantea la siguiente pregunta, ¿Qué uso se le puede dar a las cáscaras de huevo en el corregimiento Santa Cruz de la Colina que contribuya a reducir la contaminación causada por la inadecuada disposición de estas, al mismo tiempo permita la elaboración de un suplemento rico en calcio para las plantas, mejorando así la producción agrícola y disminuyendo la acidez del suelo?

Las cáscaras de huevo en el corregimiento Santa Cruz de la Colina pueden ser transformadas en harina de calcio, un suplemento agrícola natural y sostenible. Este producto permite reducir la contaminación ambiental al aprovechar un residuo orgánico que comúnmente es desechado de forma inadecuada, evitando su acumulación en rellenos sanitarios y la generación de gases contaminantes-

Al mismo tiempo, la harina de calcio aporta un alto contenido de carbonato de calcio (aprox. 94 %), lo que la convierte en una alternativa eficaz para disminuir la acidez de los suelos,

mejorar la disponibilidad de nutrientes y favorecer el crecimiento y vigor de las plantas. De esta manera, se logra no solo una solución al problema de gestión de residuos, sino también un insumo agrícola de bajo costo que fortalece la producción agrícola local, promueve la seguridad alimentaria y contribuye a la economía circular en la comunidad.

Frente a esta realidad, el presente proyecto propone la elaboración de harina de calcio a partir de cáscara de huevo, con el fin de emplearla como suplemento agrícola que disminuya la acidez de los suelos y mejore el crecimiento y vigor de las plantas. Para eso se realizó una investigación experimental en la cual se determinó un proceso de elaboración del producto, se revisó la influencia de variables como humedad de materia prima la cual debe ser baja para evitar el crecimiento de hongos, humedad de producto terminado menor a 10% para evitar contaminación del producto, temperatura de secado 100°C y granulometría fina de la harina para facilitar la absorción en las plantas.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Elaborar una harina de calcio a partir de las cáscaras de huevo de gallina (*gallus gallus*) para suplemento en las plantas en Matanza Santander

### **1.2 Objetivos Específicos**

Caracterizar la materia prima para encontrar la adecuada que cumpla los estándares de calidad del proceso.

Elaborar el suplemento de calcio para las plantas identificando las variables del proceso que influyen en la estandarización de este.

Realizar pruebas físico químicas y microbiológicas para determinar la calidad del suplemento de calcio.

## 2. Cuerpo del Trabajo

### 2.1 Marco Referencial

**Tesis.**” Caracterización Del Bio-residuo (Cáscara de huevo) Para Posibilitar Su Uso”

**Autor.** Yosimar Polo Casiano.

**Resumen.** “El objetivo de este estudio es caracterizar la cáscara de huevo para posibilitar el uso de este residuo del proceso de producción de arepa de huevo de Luruaco/Atlántico. La cáscara de huevo es uno de los bio-residuos que más se generan a nivel mundial, las estadísticas de la Federación Nacional de Avicultores (FENAVI) mostraron que en el 2020 el consumo de huevo en Colombia ascendió a 325 unidades per cápita, en el 2022 el consumo fue de 315 unidades manteniendo una tendencia estable. En el municipio de Luruaco/Atlántico se generan aproximadamente 375.000 unidades de cáscaras de huevo diarias porque su principal economía se basa en la producción de arepas de huevo, lo cual ha generado un impacto ambiental. Es un estudio de tipo cuantitativo con enfoque descriptivo, en la cual se logró caracterizar el bio-residuo a través de pruebas fisicoquímicas y microbiológicas; su marco teórico estuvo basado en la caracterización de la cáscara de huevo y proceso productivo del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Las pruebas aplicadas indicaron un alto contenido en dureza total (1487mg/L), dureza cálcica (813,6mg/L); y ausencia de Salmonella permitiendo contrastar con los resultados del estudio de Sanchez & Huanio en el 2017. Los resultados son el diseño de las operaciones unitarias, el flujograma, la factibilidad y como valor agregado la capacitación a las productoras para una producción limpia del producto ancestral y en general una alternativa para industrias que usen el huevo como insumo” (Polo Casiano, 2023 pág. 5).

**Conclusiones.** “La producción de cáscara de huevo va en aumento, siendo una tendencia por las tendencias alimenticias de las personas en la actualidad y en Luruaco la producción es

significativa. Situación que hace viable este estudio por contar con la materia prima necesaria para implementar el procesamiento de esta y de esa forma resolver el mal manejo de los residuos en general en las industrias de alimentos que usan este residuo y en particular del municipio de Luruaco. La cáscara de huevo contiene carbonato de calcio en más del 80% del peso de esta, puede emplearse como suplemento alimenticio para niños, jóvenes y mujeres en etapa menopáusica quienes tienen alta demanda de este; en la fabricación de filtros de agua, como abono, y excipiente en la industria farmacéutica. El manejo de la cascara de huevo como biorresiduo del proceso de producción de arepa de huevo es manejable y fácil de implementar como programa de manejo de residuos sólidos para cumplimiento de la Resolución 2674 de 2013. El diseño de su procesamiento mediante la descripción de las operaciones unitarias y el diagrama de flujo son dos documentos de consulta que posibilitan el tratamiento del biorresiduo y su comercialización, así como la factibilidad del montaje de este, por el estudio económico realizado. Siendo un valor agregado las capacitaciones sobre el manejo general de residuos de la producción de arepas y en particular de la cáscara de huevo.” (Polo Casiano, 2023)

**Aportes.** Sirve de guía para el proceso de elaboración del suplemento de calcio de las cascaras de huevo, Reafirma las bondades de este biorresiduo del huevo como un recurso aprovechable, reutilizable, con cantidad de calcio presente en ellas, que mejora la estructura del suelo las plantas y el medio ambiente.

**Tesis.** Estudio de prefactibilidad técnico-económico para el aprovechamiento de la cáscara de huevo en la producción de harinas en Campollo en reorganización s.a.

**Autores:** Heidy Stephanie Mahecha Antolínez

Sebastián Pinilla Gómez

**Resumen.** “El principal objetivo de este proyecto es encontrar una solución ambientalmente segura y económicamente viable al subproducto cáscara de huevo generado en la incubación de pollos en la industria avícola, más específicamente en la empresa CAMPOLLO en reorganización S.A. Para ello, se propone un proceso en el cual se pueda utilizar la cáscara de huevo como suplemento de calcio, reemplazando la roca caliza utilizada como insumo en el alimento para pollos de engorde y gallinas ponedoras. Se realiza la caracterización de dicho subproducto y la recopilación de las cantidades utilizadas de cáscara de huevo generada (considerada un desecho para la empresa) y roca caliza. Aprovechando que CAMPOLLO en reorganización S.A. cuenta con los procesos de incubación, nacimiento, harinas, y concentrados, entre otros, el proceso consta de la producción de Harina de Cáscara de Huevo acoplado a la Planta de Harinas que posee la empresa. El proceso propuesto se somete a un estudio técnico donde se evalúan los tiempos de proceso, flujos, ubicación y adecuación del proceso de harinas ya existente. Por otro lado, se realiza un estudio económico verificando su viabilidad, así como, el posible ahorro en la compra de roca caliza y disposición de la cáscara de huevo. Los resultados obtenidos en el estudio técnico- económico realizado, muestran la viabilidad ambiental y económica de este proyecto, debido a que elimina el problema ambiental que genera la disposición del residuo cáscara de huevo y muestra un proceso con un panorama favorable económicamente.” (Mahecha Antolínez & Pinilla Gómez, 2023).

**Conclusiones.** “Se realizó la evaluación técnico-económica para la implementación de un proceso para la producción de Carbonato de Calcio a partir del residuo orgánico cáscara de huevo generado en la planta de incubación.

La caracterización de la cáscara de huevo y la investigación bibliográfica revelan que este desecho, en efecto, sirve como suplemento de calcio en la formulación del alimento animal para

los pollos de engorde y las gallinas ponedoras, sin presentar ningún riesgo de desarrollo anatómico o calidad en los huevos, ni la aparición de enfermedades.

El impacto ambiental generado por la falta de un tratamiento seguro de la cáscara de huevo se elimina completamente, ya que se implementa un proceso fiable y sólido capaz de obtener un nuevo producto con un valor agregado, el cual a su vez no genera ningún efecto negativo al entorno en el que se desarrolla.

El estudio económico muestra la viabilidad del proyecto en términos financieros, mediante el cálculo del VPN y la TIR 80'890.224 COP y 15 % respectivamente; mostrando que al ser el VPN positivo y la TIR mayor a la tasa de interés fijo, el proyecto es viable para su implementación tanto comercial como ambiental.” (Mahecha Antolínez & Pinilla Gómez, 2023)

**Aportes.** viabilidad de transformar los biorresiduos en benéficos para aumentar productividad de las plantas, producto biodegradable, que las cascaras de huevo son una fuente rica y segura para la obtención de calcio a bajo costo, que proporciona beneficios al suelo y al medio ambiente.

**Tesis.** “Estudio para el desarrollo de un biomaterial de cáscara de huevo”

**Autores.**

Nathalia Beltrán Ramírez,

Yenny González Fino,

Lady Johanna Hernández Gómez,

**Resumen** “En este estudio se realiza el análisis de diferentes investigaciones sobre el aprovechamiento de la cascara de huevo en diferentes campos, su composición, y se desarrolla una alternativa de aprovechamiento de este residuo para la creación de un producto

biodegradable y ecológico mediante la aplicación de principios de química verde y economía circular. Se consultaron varias fuentes para hacer el análisis respectivo de cada estudio, de allí informarse y ampliar la perspectiva para el diseño del producto elaborado con la cascara de huevo, se realizaron diferentes pruebas donde a través del método de ensayo y error se logró determinar que el prototipo más adecuado es el realizado con cascara de huevo y alginato de sodio grado alimenticio, se desarrolla un estudio de costos para determinar la viabilidad de producción. Los resultados obtenidos experimentalmente indican las posibilidades de producir un plato biodegradable cuya mayor composición sea la cascara de huevo, opuesto a lo que indica el estudio económico.” (Beltrán Ramirez, Gonzalez Fino, & Hernández Gómez, 2021 pág 4)

**Conclusiones.** “La evidencia de los estudios realizados permite determinar la importancia y el sin número de posibilidades del manejo adecuado de la cascara de huevo en diferentes campos de la industria, ampliando las posibilidades de creación de nuevos productos que contribuyan a preservar el medio ambiente.

En cuanto a las regulaciones y normatividad aplicable, se evidenció que a nivel nacional hay limitada información que permita obtener un marco legal que se deba acatar para las diferentes características del material.

Se obtuvo luego de varias pruebas un plato biodegradable con algunas de las características y los requerimientos que la norma exige, con su respectivo diagrama de proceso, condiciones de operación y las variables que allí intervienen.

De acuerdo con los indicadores financieros, se puede inferir que la migración de las tecnologías de producción convencionales, a los lineamientos de una producción limpia y ambientalmente sostenible es una etapa compleja, debido a los bajos niveles de precio, que

siguen siendo determinantes para para la puesta en marcha de un proyecto.” (Beltrán Ramirez, Gonzalez Fino, & Hernández Gómez, 2021)

**Aportes.** Las cascaras de huevo una fuente rica de calcio a bajo costo que proporciona beneficios al suelo y al medio ambiente, producto biodegradable, a su vez refleja indicadores importantes para un optimo punto de secado de la materia prima.

**Tesis.** “Sustitución del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) por harina de cáscaras de huevo en un balanceado para cuyes en la etapa de recría.”

**Autora:** Vásquez Chicaiza Diana Isabel

**Resumen.** “En el presente proyecto de investigación se realizó la sustitución del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) por harina de cáscaras de huevo, en un balanceado para cuyes en la etapa de recría, mediante el cual se evaluó temperaturas de secado a  $60^\circ\text{C}$ ,  $80^\circ\text{C}$  y  $100^\circ\text{C}$  por 1 y 2 horas en la obtención de la harina de cáscaras huevo, optimizando el proceso de secado a  $80^\circ\text{C}$  por una hora. Para determinar el % de calcio se envió a analizar la harina, sus características fisicoquímicas (proteína, fibra, humedad, cenizas) y análisis microbiológicos (recuento de bacterias aerobias, Escherichia Coli y salmonella) a los laboratorios OSP de la Universidad Central del Ecuador, facultad de Ciencias Químicas. Adicionalmente, se realizó la dieta del balanceado FORTYCUY, incorporando el 1% de harina de cáscaras de huevo, porcentaje utilizado para los cuyes en etapa de recría, alimentados por 4 semanas, evaluando sus parámetros productivos (peso, consumo y mortalidad). El peso de los 20 animales se registró semanalmente, el consumo se tomó periódicamente y no existió índice de mortalidad. De igual forma se envió al laboratorio a analizar las características fisicoquímicas y microbiológicos del balanceado FORTYCUY o experimental, como del balanceado testigo. Posteriormente, se tomó mediante un

análisis estadístico con la prueba t-Student el mejor peso del animal para ser faenado y analizar las características nutricionales (proteína, humedad, grasa, cenizas carbohidratos, colesterol, azúcares totales, grasa y calcio) de la carne, comparándolo con los valores obtenidos de los cuyes alimentados con el balanceado testigo. Adicional a esto, se determinó el peso y rendimiento de la canal. La elaboración del balanceado se lleva a cabo en las instalaciones de la empresa del sr. ADAN VENITES y la ejecución de la crianza de los cuyes en el barrio Tiobamba, ubicado en la ciudad de Latacunga, provincia Cotopaxi. Finalmente, se determinó que la harina presenta 3.76% de proteína, 1.91% de fibra cruda y un 6.42% de calcio, beneficios que ofrece como materia prima frente al carbonato de calcio que solo es una fuente cálcica en la dieta. Por ello, existió una ganancia de peso significativo a las 4 semanas de experimentación, puesto a que las observaciones empezaron con pesos de 350- 370g y su peso final es de 700-7001g frente al testigo con pesos finales de 675-690g. En cuanto a las propiedades nutricionales en la carne de cuy se puede establecer que son excelentes por un 17,31% proteína, 7.53% grasa y 17.81 mg/100g colesterol frente al testigo presentar 15.78% proteína, 9,86% grasa y 19,29 mg/100g colesterol.” (Vasquez Chicaiza, 2019).

**Conclusiones.** “La harina de cáscaras de huevo en su informe fisicoquímico presentó un 3.76% de proteína, 1.91% de fibra cruda y un 6.42% de calcio, demostrando que, al realizar el secado a 80°C por una hora, se obtiene el 1.12% de humedad con excelentes propiedades fisicoquímicas, establecimiento que a mayor temperatura mayor humedad que a referencia de Acho que deduce que a 70°C por una hora tiene un 0.94% humedad, con 2.63% de proteína y 3.76% de calcio, pero perdiendo las propiedades fisicoquímicas en la harina. → El balanceado FORTYCUY en su reporte fisicoquímico se establece un 15.36% de proteína, 25. 51 % de fibra cruda y 1.54 % de calcio, siendo mayor a los valores encontrados en el balanceado testigo puesto

que tiene 14.41% de proteína, 25.05 % de fibra cruda y 1.16% de calcio. Estableciendo que existe significancia al 1% dentro de la formulación del balanceado. → De acuerdo a los parámetros productivos el consumo de alimento experimental es aceptado positivamente por los cobayos, los pesos iniciales de los cuyes experimentales fueron en un rango de 350g a 370g, lo cual se incrementó en el lapso de un mes a 701g, teniendo un rendimiento a la canal del 83,61. → La carne del cuy alimentado con el balanceado FORTYCUY, presenta en sus análisis nutricionales un 17.31% de proteína, 9,86% de grasa y calcio 125mg/ kg, de acuerdo al NETA INEN 1338 para la conservación de productos cárnicos procesados deben cumplir los requisitos bromatológicos de proteína 10% min. y un pH 4.5. → En cuanto al requerimiento calcio en la carne de cuy experimental presenta 125mg/kg, según FUNIBER indica 29mg de calcio en una carne de cuy peruana, se puede concluir que la carne experimentada tiene un contenido cálcico alto a diferencia del dato bibliográfico.” (Vasquez Chicaiza, 2019)

**Aportes.** Le apporto a esta investigación que Las cascaras de huevo son versátiles debido a sus contenidos nutricionales, en la recuperación de suelos ácidos, a su vez contribuyen al desarrollo tecnológico en aprovechamiento de los biorresiduos en la agroindustria, importante contribución en la reducción de gases contaminantes en el ambiente.

**Tesis.** “Determinación de la granulometría óptima del carbonato de calcio obtenido de la cáscara de huevo para el mejoramiento de suelos ácidos del valle del santa”.

**Autores.** Erika Janeth Sánchez Bermúdez.

Lilibet Nila Huanio Estrada.

**Resumen** “Mediante el presente proyecto de investigación se determinó la granulometría óptima del carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo para el mejoramiento de suelos

ácidos del valle del Santa. Para brindar una posible solución y dar un valor agregado al sector agrícola, en cuanto al efecto productivo agroindustrial, al aplicar el carbonato de calcio a partir de la cascara de huevo, para ello emplearemos varias granulometrías del producto en el suelo del valle del Santa. El diseño estadístico que se aplicó en el proyecto de investigación consiste en un diseño completamente al azar (DCA), con un arreglo factorial de 3x3, 3 valores de granulometría (1, 0.250 y 0.125mm) y 3 tiempos diferentes (20, 15 y 10 días) para cada una de ellas, es decir, tratamientos con 3 repeticiones para cada interacción, siendo un total de 27 experimentos; tanto para ph y acidez haciendo un total de 54 experimentos , cuyos resultados fueron evaluados estadísticamente en el Excel a fin de determinar las diferencias significativas entre ellos. En la evaluación se logró determinar claramente el incremento del pH, a mayor tiempo,  $t=20$ , y a una granulometría menor de 0,125 mm, se logra mejorar el suelo de un pH inicial de 5.5 y acidez inicial de  $0.8 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$  a un pH de 7,6 con una acidez final de  $0.28 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$  También se observó en dicho tratamiento que a un tiempo  $t=20$ , en una granulometría de 0,250 y 1mm se obtiene un pH de 7.3 y 7 respectivamente, lo cual demuestra una diferencia significativa mínima en el resultado.” (Sanchez Bermúdez & Huanio Estrada, 2017).

**Conclusiones** – “Se determinó que la granulometría optima del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) es de 0.125mm; obtenida de la cascara de huevo, de manera que se logró mejorar el suelo acido en el valle del Santa. – Se determinó que la concentración existente de calcio es de 0.16375 mg de Ca/100gr muestra) en la cáscara de huevo – Se constató que el análisis de suelo es una herramienta de gran utilidad que sirve para comprobar y diagnosticar los iones que carece el suelo y establecer recomendaciones de fertilización. – Se determinó que la cantidad óptima de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) es de 1670 kg  $\text{CaCO}_3$  / ha, para el mejoramiento de suelos ácidos” (Sanchez Bermúdez & Huanio Estrada, 2017).

**Aportes.** Se evidencia en esta investigación que, en el tipo de tamiz usado para filtrar las partículas de la harina obtenida, mejora la absorción por las plantas, una guía del tipo de malla que debe ser usado para evitar los pases por el molino en el proceso de molienda del producto final, es la guía en las pruebas de campo al determinar el tiempo de respuesta del producto y su eficiencia en el suelo.

### **Marco teórico**

El huevo es considerado uno de los alimentos más completos y nutritivos para el ser humano, pues aporta proteínas de alta calidad, vitaminas, minerales y lípidos esenciales. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), es una fuente accesible y altamente biodisponible de nutrientes, capaz de sostener el desarrollo de un nuevo ser vivo, lo que lo convierte en un alimento ejemplar desde el punto de vista nutricional (FAO, 2013)

La estructura del huevo está conformada por varios componentes con funciones específicas. La cutícula actúa como barrera de protección frente a contaminantes externos; las membranas interna y externa protegen contra microorganismos; la clara o albúmina, que constituye alrededor del 60 % del peso del huevo, aporta proteínas y protege la yema; la yema, rica en nutrientes, contiene lípidos, proteínas y el disco germinal; la cámara de aire regula el intercambio gaseoso; y finalmente, la cáscara de huevo, que representa entre el 8 % y 11 % del peso total, está compuesta principalmente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), además de carbonato de magnesio, fosfato de calcio y materia orgánica (Stadelman, W. J., & Cotterill, O. J., 2001).

Estudios realizados por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (2018) concluyen que la cáscara de huevo posee un 94 % de carbonato de calcio, un recurso poco

aprovechado que termina convertido en residuo contaminante. Esta condición abre la posibilidad de transformarlo en insumo agrícola mediante su procesamiento en harina de calcio, con potencial de aplicación como suplemento para suelos agrícolas (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2018).

El aprovechamiento de cáscaras de huevo responde a los principios de la economía circular, al transformar un desecho orgánico en un recurso de valor agregado para la producción agrícola sostenible (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2019).

El calcio es un nutriente esencial para las plantas, necesario en la formación de paredes celulares, la división celular, el fortalecimiento de tejidos y el crecimiento radicular. La deficiencia de calcio se asocia a necrosis apical, debilidad en frutos y menor resistencia a patógenos (Marschner, P. , 2012).

La harina de cáscara de huevo de gallina como suplemento de calcio se convierte en una estrategia viable para enriquecer suelos y mejorar la absorción de nutrientes. Además, contribuye a la corrección de la acidez del suelo, favoreciendo la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes esenciales.

El pH del suelo es un factor determinante en la disponibilidad de nutrientes. Valores ácidos reducen la asimilación de elementos como fósforo, magnesio y potasio, limitando la productividad agrícola (Brady, N. C., & Weil, R. R. , 2017)

Las principales causas de acidez incluyen la lluvia ácida, el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y la lixiviación de nutrientes básicos. Para corregir esta condición se aplican enmiendas ricas en carbonato de calcio, abonos orgánicos, monitoreo periódico del pH y selección de cultivos resistentes (Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2020)

La transformación de cáscaras de huevo en harina de calcio ofrece una alternativa sostenible para la nutrición vegetal, al tiempo que reduce la generación de residuos orgánicos contaminantes. De esta forma, el proyecto contribuye al mejoramiento de la fertilidad del suelo, a la sostenibilidad ambiental y a la consolidación de modelos agroindustriales basados en economía circular.

### ***Marco conceptual***

Harina de calcio. Producto elaborado a partir de las cascaras de huevo de gallina (*gallus gallus*), para suplemento en las plantas, con unas condiciones de elaboración, cascaras limpias y secas, temperatura de secado 100°C, humedad menor al 10%, tamizado fino.

Horneado método de extracción de humedad. En la harina de calcio la temperatura debe máximo 100°C para evitar la desnaturalización del producto

Suplemento. Añadir algo para completar, la harina de calcio se elabora a partir de las cascaras de nuevo secas y trituradas, para ser usadas como complemento de calcio en las plantas

Tamizado. Separar partículas de diferentes tamaños, en la harina de calcio es importante por que entre mas fina la partícula mayor será la disposición de calcio en el producto.

Humedad. Contenido de agua en un producto. En el suplemento para plantas debe ser menor al 10% para evitar contaminación microbiana.

### ***Marco legal***

Decreto número 843 del 26 de mayo de 1969: “ Por el cual se dictan disposiciones para el control de la industria y comercio de los bonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo, alimentos para animales, plaguicidas de uso agrícola, defoliantes, reguladores fisiológicos de las plantas, drogas y productos biológicos de uso veterinario”.

Ministerio de agricultura y desarrollo rural resolución número 0187 de 2006: "Por la cual se adopta el Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación, comercialización y se establece el Sistema de Control de Productos Agropecuarios Ecológicos"

Resolución número 000199 de 2016, Ministerio de agricultura y desarrollo rural: "Por la cual se modifica parcialmente el Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos".

Resolución ICA 150 de 2015: "Por la cual se adopta el reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia".

Resolución ICA 0698 del 4 de febrero de 2011: "Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de departamentos técnicos de ensayos de eficacia, productores e importadores de bioinsumos de uso agrícola".

Resolución ICA, 30021 de 2017: "Por medio del cual se establecen los requisitos para la Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas producción primaria de vegetales y otras especies para consumo humano".

NTC 5167: tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas o acondicionadores de suelo.

NTC 1927: tiene por objeto definir los términos relacionados con fertilizantes acondicionadores del suelo fuentes de materias primas y sus clasificaciones.

### ***2.1.1 Metodología.***

Para desarrollar la presente investigación se aplicó el siguiente método

**Tabla 1.***Características metodológicas de la investigación*

<b>Tipo o clase de investigación</b>	Experimental, con enfoque cuantitativo
<b>Sistema de hipótesis y variables o de Presupuestos y categorías de análisis</b>	<p><b>Hipótesis:</b> es posible elaborar una harina de calcio a partir de las cascaras de huevo de gallina, para suplemento en las plantas, en el municipio de matanza Santander.</p> <p><b>Variables:</b></p> <p><b>Variable independiente:</b> la humedad en materia prima.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Humedad producto terminado.</li> <li>- Temperatura secado materia prima</li> <li>- Malla tamiz (<b>grosor de malla</b>)</li> </ul> <p><b>Variable dependiente:</b> tiempo de secado de materia prima.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación microbiológica producto terminado.</li> <li>- Proceso de molienda</li> <li>- Granulometría en producto terminado</li> </ul>
<b>Técnica de análisis y procesamiento de la información</b>	Gráficos, tablas, diagrama de proceso.

<b>Método de investigación</b>	Experimental.
<b>Fuentes de información</b>	<b>Primarias:</b> datos de observación y de procesos  <b>Secundarias:</b> artículos de investigación, bases de datos, informes, y normatividad vigente
<b>Técnicas de investigación</b>	Observación directa
<b>Instrumento para recolectar la información</b>	Tablas y registros de observación del proceso
<b>Modo de aplicación</b>	Directa.
<b>Definición de población (elemento, muestral o censal)</b>	Los productores de la región de santa cruz de la colina vereda sucre.
<b>Proceso de muestreo</b>	No aplica
<b>Marco muestral o censal</b>	No aplica
<b>Alcance</b>	Municipio de matanza corregimiento santa cruz de la colina vereda sucre.



---

**Tiempo de aplicación**

12 meses

---

A continuación, se describe la metodología para desarrollar los objetivos propuestos.

**Objetivo 1. caracterizar la materia prima para encontrar la adecuada que cumpla los estándares de calidad del proceso**

Para la elaboración de la harina de calcio de cáscaras de huevo de gallina se requiere que la materia prima cumpla con las siguientes características.

Cáscaras de huevo de gallina, estas son un subproducto de origen avícola con propiedades físicas, químicas y nutricionales que les confieren un gran potencial de aprovechamiento. Sus principales características son:

**Tabla 2.***Propiedades físicas, químicas y nutricionales de las cáscaras de huevo*

<b>Composición química</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbonato de calcio (<math>\text{CaCO}_3</math>): representa entre el 93 % y 96 % del total de la cáscara, lo que la convierte en una excelente fuente de calcio.</li> <li>• Otros minerales: fósforo, magnesio, sodio, potasio, hierro y zinc en menor proporción.</li> <li>• Proteínas y colágeno: presentes en la membrana interna de la cáscara, útiles en aplicaciones biomédicas y nutraceuticas.</li> <li>• En promedio: 1 % – 2 % de su peso total.</li> <li>• Esta humedad está presente sobre todo en la membrana interna de la cáscara (rica en colágeno y proteínas), no tanto en la parte mineral.</li> </ul>
<b>Estructura física</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La cáscara es dura, quebradiza y de superficie porosa.</li> <li>• Grosor: varía entre 0,2 y 0,4 mm según la especie y la dieta de la gallina.</li> </ul>

---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso: constituye alrededor del 9–12 % del peso total del huevo.</li> <li>• Color: puede ser blanco, marrón o con tonalidades intermedias, dependiendo de la raza de la gallina.</li> </ul>
<p><b>Propiedades funcionales</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta biodisponibilidad del calcio, lo que la hace útil en suplemento en las plantas.</li> <li>• Biodegradable y reciclable, adecuada para la elaboración de fertilizantes, correctores de suelos.</li> <li>• Estructura microporosa, que le otorga capacidad de absorción de contaminantes y uso en procesos de remediación ambiental.</li> </ul>
<p><b>Aspectos microbiológicos</b></p>	<p>Puede albergar microorganismos en su superficie (como <i>Salmonella</i>), por lo que requiere procesos de desinfección o esterilización antes de su aprovechamiento.</p>

---

**Objetivo 2. Elaborar un suplemento de calcio para las plantas identificando las variables del proceso que influyen en la estandarización de este.**

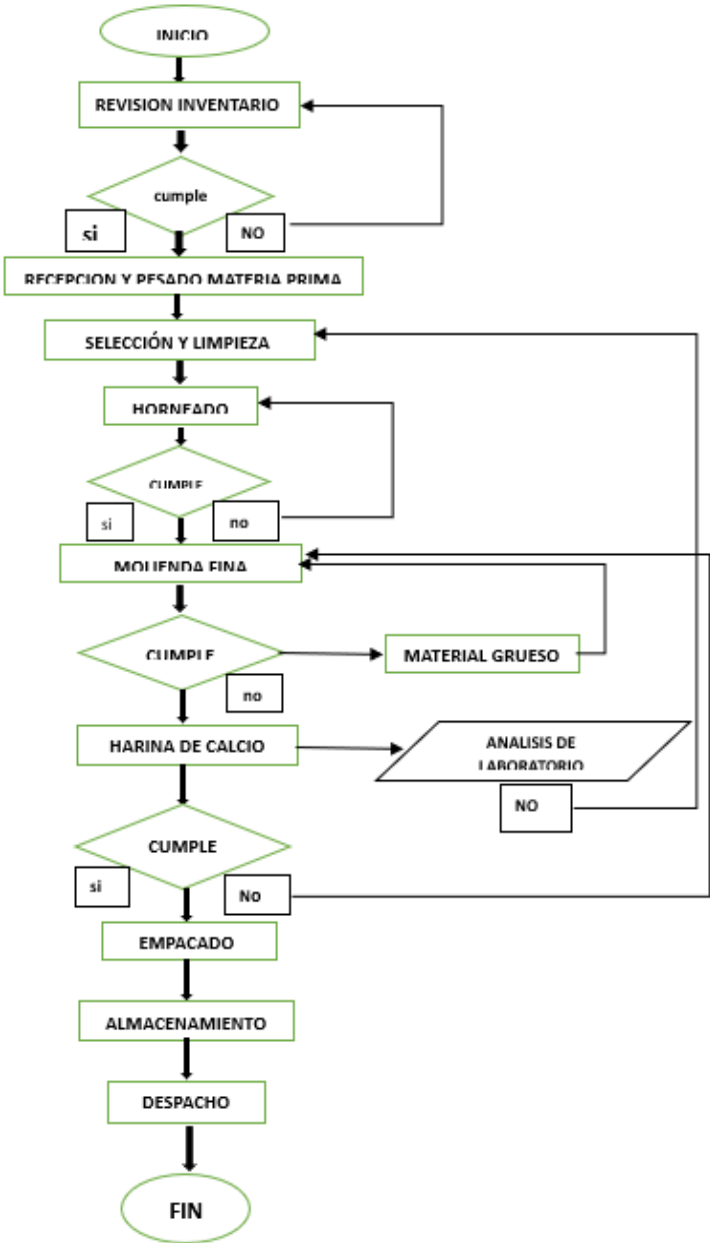
El diagrama de procesos para elaborar la harina de calcio a partir de cáscaras de huevo de gallina (*Gallus gallus*) describe de manera ordenada cada una de las etapas de producción. Esta

representación es fundamental para visualizar y organizar el flujo de trabajo, facilitando la comprensión de las actividades a realizar.

Figura 1.

Flujograma de producción de harina de calcio de cáscara de huevo

DIAGRAMA DE FLUJO HARINA DE CALCIO DE CÁSCARAS DE HUEVO DE GALLINA (GALLUS GALLUS) PARA SUPLEMENTO EN LAS PLANTAS.



**Recepcion de materia prima (cascaras de huevo):**

En esta etapa se lleva a cabo la recolección y recepción de las cáscaras provenientes de plantas procesadoras de huevo, restaurantes, hogares o granjas avícolas. Una vez llegan al área de producción, se realiza una inspección inicial para verificar que estén en condiciones aptas, libres de excesiva suciedad, restos de clara o yema, cuerpos extraños o material no deseado.

Posteriormente, las cáscaras se almacenan temporalmente en recipientes limpios y secos, bajo condiciones controladas de higiene, evitando la humedad y la proliferación de microorganismos. Esta fase es fundamental porque asegura que la materia prima con la que se inicia el proceso cumpla con los criterios mínimos de calidad e inocuidad, lo que repercute directamente en la calidad del producto final

**Pesado de materia prima:**

En esta fase, las cáscaras de huevo previamente recibidas y clasificadas se colocan en una báscula calibrada para determinar su peso exacto. Este registro permite controlar la cantidad de materia prima disponible, calcular el rendimiento esperado en la producción de harina de calcio y llevar un control de inventario.

El pesado garantiza que se cumplan las proporciones establecidas en el proceso productivo, facilitando la estandarización y la trazabilidad de la producción.

**Secado de materia prima (cascaras de huevo):**

Las cáscaras de huevo, una vez lavadas y desinfectadas, se someten a un proceso de secado para eliminar la mayor parte de la humedad. Este paso se realiza en un horno o estufa de secado a temperaturas controladas (60 °C – 110 °C) hasta alcanzar un nivel de humedad inferior al 2 %.

El control de la humedad es uno de los factores clave para asegurar la calidad del producto terminado, ya que evita la proliferación de microorganismos, prolonga la vida útil de la harina de calcio y mejora la eficiencia de la molienda posterior.

#### **Triturado y pulverizado de materia prima:**

Después del secado, las cáscaras de huevo se someten a un proceso de triturado inicial, un macerador que reduce su tamaño en partículas más pequeñas y manejables. Posteriormente, pasan a la etapa de molienda fina, realizada en licuadora, molinos de martillos, de bolas o equipos similares, hasta obtener un polvo uniforme con la granulometría deseada.

Este paso es esencial porque la fina pulverización incrementa la superficie de contacto, mejora la biodisponibilidad del calcio, facilita su uso en diferentes aplicaciones (alimentarias, agrícolas o industriales) y asegura la homogeneidad del producto terminado.

#### **Tamizado:**

Una vez obtenida la molienda fina, el polvo de cáscara de huevo se pasa por tamices para separar las partículas según su tamaño. Este proceso garantiza una textura homogénea y facilita la estandarización del producto.

Entre más fino sea el polvo, más fácil resulta su absorción por las plantas, ya que se incrementa la superficie de contacto del calcio con el suelo, acelerando su disponibilidad como nutriente.

#### **Empacado y etiquetado:**

El polvo de cáscara de huevo obtenido se coloca en envases limpios, secos y herméticos (bolsas, frascos o sacos, según la cantidad) para protegerlo de la humedad y la contaminación. Cada envase debe llevar una etiqueta clara y completa, que incluya información como: nombre del producto, fecha de elaboración, lote, peso neto y destino de uso.

Esta etapa es fundamental para garantizar la inocuidad, la trazabilidad y la conservación del producto terminado, asegurando que llegue en condiciones óptimas al consumidor o usuario final.

### **Pesado producto terminado**

Una vez empacado y etiquetado, la harina de calcio obtenida se somete a un pesado final con el fin de verificar que cada unidad cumpla con la cantidad establecida, en bolsas o cajas de 250gr, 500gr, 1kg, o sacos de 25kg. Este control garantiza la uniformidad en la presentación del producto, facilita la gestión del inventario y asegura la transparencia en la información ofrecida al consumidor.

En promedio, la cáscara de huevo representa entre el 9 % y el 12 % del peso total del huevo, y después del proceso de limpieza, secado y molienda, el rendimiento suele ser cercano al 80–90 % del peso inicial de la cáscara (se pierde humedad, membranas y residuos). (Stadelman, W. J., & Cotterill, O. J. , 2001)

### **Tabla 3.**

#### *Rendimiento de cascaras de huevo*

<b>Materia prima (cáscaras)</b>	<b>Producto terminado (harina de calcio)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
1 kg de cáscaras frescas	0,85 – 0,90 kg de harina	85 – 90 %
5 kg de cáscaras frescas	4,2 – 4,5 kg de harina	84 – 90 %
10 kg de cáscaras frescas	8,5 – 9 kg de harina	85 – 90 %

Nota. Información tomada de Stadelman, W. J., & Cotterill, O. J. , (2001)

**Almacenamiento.**

La harina de calcio obtenida debe almacenarse en envases herméticos (sacos de polipropileno con bolsa interna, o bolsas selladas) que eviten la entrada de humedad, polvo o contaminantes. De acuerdo con yara almacenamiento de insumos y fertilizantes Las condiciones recomendadas son:

- Lugar seco y fresco, con humedad relativa inferior al 60 %.
- Temperatura ambiente estable, preferiblemente menor a 25 °C.
- Protección contra la luz solar directa y fuentes de calor.
- Área limpia, ventilada y libre de plagas (insectos y roedores).
- Estanterías o tarimas que mantengan los sacos separados del suelo y de las

paredes (mínimo 10–15 cm). Rotulado con fecha de producción y lote para garantizar la trazabilidad. (yara. **almacenaje-de-fertilizantes-minerales.2006**)

Estas condiciones permiten conservar la calidad, inocuidad y propiedades del carbonato de calcio, prolongando la vida útil del producto.

**Objetivo 3. Realizar pruebas físico químicas y microbiológicas para determinar la calidad del suplemento de calcio.**

De acuerdo con la resolución ICA 0698 del año 2011 establece que las características físico-químicas y microbiológicas para la harina de calcio de cáscaras de huevo para suplemento en las plantas deben ser:

**Tabla 4.**

*Requisito físico químicos y microbiológicos harina de calcio*

<b>Tipo de prueba</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Rango/Referencia</b>
<b>Físico-química</b>	Humedad (%)	Estabilidad, evitar crecimiento microbiano	< 10 %
	Ph	Interacción en suelo	8–9
	Ca total (CaCO <sub>3</sub> /CaO)	Aporte nutricional	> 90 % CaCO <sub>3</sub> eq.
<b>Microbiológica</b>	Coliformes totales y <i>E. coli</i>	Indicador fecal	Bajo/ausente
	<i>Salmonella</i> spp.	Patógeno crítico	Ausente en 25 g
	Mohos y levaduras	Estabilidad	< 10 <sup>2</sup> UFC/g

Nota. Información tomada de la Resolución 698 de 2011 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

### ***Desarrollo de la investigación***

Con esta investigación se destacaron los ensayos mas representativos en la transformación de las cascaras de huevo de gallina en harina de calcio para suplemento en las plantas. Para su desarrollo se llevó a cabo una metodología de investigación exploratoria, para garantizar la calidad del producto final hasta llegar al producto ideal.

### ***Proceso de elaboración de harina de calcio a partir de las cascaras de huevo.***



El proceso de la elaboración de una harina de calcio a partir de las cáscaras de huevo gallina para suplemento en las plantas se hizo con el propósito de crear un producto diferente, de alta calidad de gran contenido de calcio, que nos ayude a la solución de problemas de acidez de

los suelos, de esta forma darle vida útil a aquellos residuos resultante de procesos de materias primas como el huevo.

**Ensayos realizados**

**Tabla 5.**

*Ensayos de transformación de cáscaras de huevo en harina de calcio*

Ensayo 1	Observaciones	Evidencias
<p>Se usaron cascaras de huevo de gallina, limpias con un peso de 300gr secadas al sol previamente, durante 1 día, se trituran con un macerador por un tiempo de 15 minutos. Logrando un material particulado grueso, se hace un pesado de producto terminado con un peso de 298gr.</p>	<p>En el proceso de triturado con el macerador se evidencio que la materia prima no da el punto esperado se nota que quedo grueso, con humedad que no permite que se transforme en harina adecuadamente. De acuerdo a la literatura debe haber una pérdida de peso de un 8% mínimo.</p>	  
Ensayo 2	Observaciones	Evidencia

Se tomaron 300 gramos de cascaras de huevo limpias, se hace un pesado inicial, se lleva a cabo un ajuste en el tiempo de secado al sol, durante 3 días en patio de cemento, con un promedio diario de 4 horas de exposición al sol, para de esta forma poder determinar la reducción de humedad que permita a la a materia prima dar un mejor punto de triturado. Se tritura con macerador, con una pequeña mejora en las partículas, Se hace un segundo pesaje de producto terminado y se obtuvo un peso de 295gr.



Ensayo 3	Observaciones	Evidencias
Se tomaron 300gr de cascaras de huevo limpias, se hace ensayo en identificar las	Durante el desarrollo de la triturada de la materia prima se evidencio una	

variables que afectan la mejora en la reducción de la transformación de la materia humedad del producto prima, como secado y terminado, la humedad se humedad, se secan las determina por la pérdida de cascaras de huevo en horno a peso de la materia prima por temperatura de 50°C durante la exposición a la 30 minutos. Se dejan enfriar temperatura, según la y se hace un pesado este es de literatura, se observo que el 292 gr. Es una pérdida de producto final ha mejorado en humedad del 3%. su aspecto físico. Aun falta para que la harina de calcio este en su punto de humedad adecuado. Que puede ser entre 8% y el 10% según la literatura.




Ensayo 4	Observaciones	Evidencias
<p>Para este ensayo se tomaron 300gr de cascaras de huevo limpias, se dispone en horno para secado para corregir las variables, como reducción de humedad de la materia prima, y se ajusta el</p>	<p>Se utilizo una licuadora para hacer el triturado de la materia prima, se notó que las partículas ya son mas finas, menos contenido de humedad del producto terminado, aun falta</p>	

tiempo reduciéndolo a 20 minutos para que se pueda determinar como un producto ideal, para una temperatura de 80°C. Se incrementa la temperatura para buscar una deshidratación en menor tiempo de la materia prima y reducir el tiempo en el horno para evitar que las cáscaras de huevo sufran alteraciones en el color del producto terminado. Se pesa, 288gr. Que es una pérdida de humedad del 4%




Ensayo 5	Observaciones	Evidencias
----------	---------------	------------

<p>Se tomaron 300gr de cáscaras de huevo limpias se llevaron al horno por un tiempo de 15 minutos a 100°C, se aumenta la temperatura ya que se evidencio la tolerancia</p>	<p>Se observo que el material ya estaba fino que la temperatura y el tiempo del horno se corrigió, de la misma forma el marial se resultante ya es de menor grosor, y se parece a una</p>	
--	---	---




calor sin que haya afectación de la materia prima por cambio de temperatura, esto se buscó optimizar equipos y tiempo en el secado. se sacaron las cascaras de huevo del horno se dejó reposar por 10 minutos hasta estar a temperatura ambiente, usamos una licuadora para hacer el triturado y obtener un material más fino. Se pesan 270gr equivalen al 10% de humedad.



Ensayo 6	Observaciones	Evidencias
<p>Se tomaron 300gr de cascaras de huevo limpias se lleva al horno a 100°C durante 10 minutos se deja reposar la materia prima por 10 minutos, después se lleva a la licuadora se pone en</p>	<p>En este ensayo se evidencio que el material elaborado se asemejaba a una harina, la humedad es baja, entre 8,3% como lo referencia la literatura, el color del material obtenido es de color</p>	

revolución lenta por 2 minutos. En este ensayo se redujo el tiempo de horneado con la misma temperatura del horno, para obtener un material de color marrón claro, se paso por un tamizado para que el material fino pase, el material grueso se devuelve a la licuadora para seguir el proceso hasta la obtención del producto terminado ideal. Este peso 275gr, equivale a 8.3% de humedad de la harina de calcio.



Ensayo 7	Observaciones	Evidencias
Se tomaron 300gr de cascaras de huevo limpias se lleva al horno a 100°C durante 10 minutos se deja reposar la materia prima por	En este ensayo se evidencio que el material elaborado se asemeja a una harina, la humedad es baja, entre 8,3% como lo referencia	

10 minutos a temperatura ambiente, después se lleva a la licuadora se pone en revolución lenta por 2 minutos. En este ensayo se mantiene la temperatura y el tiempo del ensayo anterior y se obtiene un producto similar al ya obtenido. Se pesa 275gr, equivale a 8.3% de humedad de la harina de calcio.



### **2.1.2 Resultados.**

**Objetivo 1. Caracterizar la materia prima para encontrar la adecuada que cumpla los estándares de calidad del proceso.**

Las características que debe tener las cascaras de huevo de gallina para la elaboración de harina de calcio son:

#### **Tabla 6.**

*Características materia prima*

**Textura**

Dura quebradiza y de superficie porosa

<b>Grosor</b>	entre 0.2y 0.4 mm
<b>Peso</b>	según el tamaño, debe estar entre 9 al 11%
<b>Color</b>	Blanco, marrón, o tonalidades intermedias.
<b>Higiene</b>	Cáscaras limpias sin residuos de yema.
<b>Humedad</b>	Materia prima seca

**Objetivo 2. Elaborar una harina de calcio, suplemento para las plantas identificando las variables del proceso que influyen en la estandarización de este.**

El proceso de elaboración de la harina de calcio para suplemento en las plantas a partir de cáscaras de huevo de gallina se desarrolló de la siguiente manera:

Las cáscaras de huevo se reciben y se inspeccionan visualmente para asegurar que no presenten residuos orgánicos, suciedad u otros contaminantes. Solo se utilizaron aquellas que se encuentren en condiciones adecuadas para el proceso de transformación. Las cáscaras limpias se someten a un proceso de secado en horno a una temperatura de 100 °C durante 10 minutos, con el fin de eliminar la humedad residual y reducir la carga microbiana. Posteriormente, el material se deja enfriar a temperatura ambiente, evitando la rehidratación y preparando la materia prima para la molienda. Una vez enfriadas, las cáscaras se trituran empleando licuadora industrial o equipos de molienda especializados, con el objetivo de reducir el tamaño de partícula. El material triturado se sometió a un proceso de tamizado utilizando una malla, con el propósito de obtener una granulo uniforme y eliminar partículas gruesas. Las fracciones que no cumplieran con las características deseadas se retornaron al molino o triturador hasta alcanzar una textura fina y homogénea, correspondiente a la harina de calcio final.

Las variables que afectan el proceso de elaboración de la harina de calcio son las siguientes:

**Humedad materia prima:** Una humedad alta en la materia prima favorece el crecimiento de micro organismos y genera malos olores y la contaminación del producto. Dificulta el secado posterior, aumentando el consumo de energía y el tiempo de procesamiento. Puede afectar la eficiencia de molienda, ya que la materia prima húmeda tiende a compactarse

**Temperatura de secado de la materia prima:** si la temperatura es muy baja, el secado será incompleto, dejando humedad que puede generar hongos o reducir la vida útil del producto. Si es muy alta, puede ocurrir degradación térmica del carbonato de calcio (liberación de CO<sub>2</sub>) o alteración del color y olor del producto. Una temperatura adecuada de 100°C por el tiempo de 10 minutos, garantiza un secado homogéneo y mantiene la calidad del calcio.

**Malla tamiz (grosor de malla):** Tamizado Una vez obtenida la molienda fina, el polvo de cáscara de huevo se pasa por tamices para separar las partículas según su tamaño. Este proceso garantiza una textura homogénea y facilita la estandarización del producto. Entre más fino sea el polvo, más fácil resulta su absorción por las plantas, ya que se incrementa la superficie de contacto del calcio con el suelo, acelerando su disponibilidad como nutriente.

**Tabla 7.**

*Variables del proceso*

<b>Humedad de la harina</b>	Menor al 10%
<b>Temperatura de secado</b>	100°C
<b>Tiempo de secado</b>	10 minutos
<b>Granulometría</b>	Fina

**Objetivo 3. Realizar pruebas físico químicas y microbiológicas para determinar la calidad de la harina de calcio.**

Los resultados de los análisis fisicoquímicos efectuados a la harina de calcio de cáscara de huevo se realizaron de acuerdo con la normatividad evidenciando los siguientes resultados. (ver apéndice A)

**Tabla 8.**

*Resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos realizados a la harina de calcio de cascarras de huevo.*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Parámetros establecidos por la resolución ICA 0698</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Contenido de calcio</b>	38.103	RES ICA 0698 > 90 % CaCO <sub>3</sub> eq.	No cumple con el parámetro establecidos en la norma
<b>Humedad</b>	0.16	RES ICA 0698 < 10 %	Cumple con el parámetro establecido en la norma
<b>PH</b>	9.24	RES ICA 0698 8-9	Esta ligeramente alto por lo establecido por la norma

De acuerdo con la Resolución ICA 0698 y con base en los resultados de laboratorio de la harina de calcio elaborada a partir de cáscaras de huevo de gallina, se evidencio que el contenido de calcio no cumple con los parámetros establecidos en la norma, debido a que el análisis se realizó considerando la absorción de calcio y no el contenido total de este mineral. Por otra parte, los resultados indican que el porcentaje de humedad se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa vigente. Asimismo, se observa que el valor de pH de la harina de calcio presenta un leve incremento respecto al rango permitido; sin embargo, esta variación no compromete la calidad ni las propiedades del producto final.

Los resultados de los análisis microbiológicos efectuados a la harina de calcio de cáscara de huevo se realizaron de acuerdo con la normatividad evidenciando los siguientes resultados.

(ver apéndice B)

**Tabla 9.**

*Resultados obtenidos en los análisis microbiológicos realizados a la harina de calcio de cascara de huevo.*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Parámetros establecidos por la resolución ICA 0698</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Coliformes totales y <i>E. coli</i></b>	< 10	<b>RES ICA 0698</b> Bajo o ausente	Cumple con los parametros en la norma
<b>Mohos y levaduras</b>	< 10 mohos, < 10 levaduras	<b>RES ICA 0698</b>	Cumple con los parametros en la

---

		< 10 <sup>2</sup> UFC/g	norma
<i>Salmonella</i>	Ausencia	<b>RES ICA</b>	Cumple con
<b>spp.</b>		<b>0698</b>	los parametros en la
		Ausente en 25	norma
		g	

---

De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos, se evidencia que el producto cumple satisfactoriamente con los parámetros establecidos en la normatividad vigente, lo que garantiza su inocuidad y calidad sanitaria. El cumplimiento de estos parámetros confirma que la harina de calcio elaborada a partir de cáscaras de huevo es un producto seguro, estable y apto para su uso agrícola.

### 3. Conclusiones

Mediante la presente investigación se logró obtener una harina de calcio a partir de cáscaras de huevo de gallina, la cual fue procesada y estandarizada como suplemento mineral para las plantas. Es fundamental que la materia prima, en este caso las cáscaras de huevo, cumpla con un contenido de humedad bajo, este en buenas condiciones de higiene es decir limpias y sin residuos de yema, de color blanco, textura dura y quebradiza, grosor entre 0.2 y 0.4 mm.

En la elaboración de la harina de calcio como suplemento para las plantas, es fundamental tener en cuenta diversas variables del proceso que influyen directamente en la calidad y eficiencia del producto final. Entre estas, la temperatura de secado 100°C juega un papel esencial, ya que debe mantenerse dentro de un rango controlado que permita eliminar la humedad sin alterar la estructura química del carbonato de calcio presente en las cáscaras. Asimismo, el contenido de humedad de la harina menor 10% debe ser cuidadosamente monitoreado para evitar la compactación, el crecimiento microbiano o la pérdida de solubilidad del suplemento. Finalmente, la granulometría fina del producto terminado determina la facilidad de absorción del calcio por las plantas, siendo necesario alcanzar un tamaño de partícula uniforme que garantice una adecuada liberación de nutrientes y una buena distribución en el sustrato o suelo.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio, se evidencia que en el componente microbiológico el producto cumple satisfactoriamente con los parámetros establecidos en la resolución ICA0698, garantizando así su inocuidad y seguridad para el uso agrícola. Por otro lado, en la prueba de pH 9.2 un valor ligeramente superior al rango óptimo establecido en la misma resolución, sin embargo, esta variación no representa un riesgo ni afecta

negativamente la calidad del suplemento, ya que se mantiene dentro de límites aceptables para su aplicación en suelos agrícolas. En cuanto al porcentaje de humedad 0.16%, los resultados se encuentran dentro de los valores establecidos por la misma resolución, lo que indica una adecuada deshidratación del producto y contribuye a su estabilidad, conservación y vida útil. Finalmente, el contenido de calcio en las pruebas físico-químicas se observa que es el calcio asimilable del producto.

#### **4. Recomendaciones**

Realizar estudios complementarios sobre la harina de calcio elaborada a partir de cáscaras de huevo de gallina, con el fin de evaluar su efecto en el fortalecimiento de tallos y hojas, así como en la mejora de la floración de las plantas. Este análisis permitirá determinar de manera más precisa el impacto del suplemento mineral en el desarrollo vegetativo y reproductivo de los cultivos, y verificar su eficacia como alternativa sostenible frente a los fertilizantes convencionales.

Hacer un estudio de la vida útil de la harina de calcio elaborada a partir de cáscaras de huevo de gallina, con el propósito de determinar el tiempo que el producto mantiene sus propiedades físico-químicas, microbiológicas y nutricionales. Este análisis permitirá establecer las condiciones óptimas de almacenamiento, humedad y temperatura, así como definir el periodo máximo de conservación sin que se altere la calidad o efectividad del suplemento mineral. De igual manera, el estudio contribuirá a garantizar la estabilidad del calcio asimilable y la inocuidad del producto a lo largo del tiempo, asegurando su eficacia en la nutrición vegetal y su viabilidad como insumo agroecológico dentro de programas de fertilización sostenible.

### Referencias Bibliográficas

- Beltrán Ramirez, N., Gonzalez Fino, Y., & Hernández Gómez, L. (2021). *Estudio para el desarrollo de un biomaterial de cáscara de Huevo*. EAN. Obtenido de <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/faf7c4e6-d667-470a-923b-61c6bbc3959d/content>
- Brady, N. C., & Weil, R. R. . (2017). *The nature and properties of soils (15th ed.)*. Pearson.
- FACULTAD DE AGRONOMÍA. (2008). Ciencia de la producción vegetal. *Revista Facultad Agronomía*, 25(4). Obtenido de [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_issuetoc&pid=0378-781820080004&lng=es&nrm=is](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0378-781820080004&lng=es&nrm=is)
- FAO. (2002). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/y3557s/y3557s00.htm>
- FAO. (2013). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/i3300s/i3300s.pdf>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2020). *Reglamento técnico para el uso y registro de fertilizantes, acondicionadores de suelos y bioinsumos agrícolas*. ICA.
- Mahecha Antolínez, H., & Pinilla Gómez, S. (2023). *Estudio de prefactibilidad técnico-económico para el aprovechamiento de la cáscara de huevo en la producción de harinas en Campollo en reorganización s.a*. UIS.
- Marschner, P. . (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* . Academic Press.

- Oswaldo Pedraza, R., Estrada Bonilla, G., & Bonilla Buitrago, R. (2018). *Los biofertilizantes y su relación con la sostenibilidad agrícola*. Argentina: Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Agronomía y Zootecnia.
- Polo Casiano, Y. (2023). *Caracterización Del Bio-residuo (Cáscara de huevo) Para Posibilitar Su Uso*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/57926/ypoloc.pdf?sequence=3>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2019). *Economía circular y producción sostenible*. ONU Medio Ambiente.
- Sanchez Bermúdez, E., & Huanio Estrada, L. (2017). *Determinación de la granulometría óptima del carbonato de calcio obtenido de la cáscara de huevo para el mejoramiento de suelos ácidos del valle del santa*. Obtenido de <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2984>
- Stadelman, W. J., & Cotterill, O. J. . (2001). *Egg science and technology (4th ed.)*. CRC Press.
- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (2018). Contenido de calcio en cáscara de huevo: una alternativa de aprovechamiento. *Revista de Investigación en Ciencias de la Tierra y Materiales*, 45-52.
- Vasquez Chicaiza, D. (2019). *Sustitución del Carbonato de Calcio (caco3) por Harina de Cáscaras de Huevo en un Balanceado para Cuyes en la etapa de Recría*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6003>

## Apéndices

## Apéndice A.

## Análisis Físico Químico

## INFORME DE RESULTADOS F-2522907

Fecha de emisión: 2025-10-31

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		INFORMACIÓN RECOLECCIÓN DE MUESTRA	
Razón Social	QUIJANO ORLANDO// AGROPEQUI	Lugar	Planta
Nit	91466114-2	Responsable	QUIJANO ORLANDO// AGROPEQUI
Dirección	CR 4 4 12 CORR SANTA CRUZ DE LA COLINA	Fecha y Hora	2025-10-08 - 16:24:00
Ciudad	MATANZA	Cadena Custodia	22398
Responsable	Orlando Quijano	Motivo Toma	Control de calidad
Cargo	Propietario	Observaciones	Los resultados contenidos en este informe solo ampara el material sometido a prueba.
Tel/Fax	+573008767704		
E-mail	quior7725@gmail.com		

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Descripción de la Muestra (+)	Harina de calcio a partir de las cascaras de huevo para suplemento en plantas		
Fecha de recepción	2025-10-08	No. de Muestra	2522907
Fecha de análisis	2025-10-09	Matriz	ALIMENTO
Tipo de Producto	Alimento empacado	Temperatura	NE °C
Lote (+)	1	Fecha Vencimiento (+)	07/10/2028
Fecha Elaboración (+)	07/10/2025	Proveedor (+)	N/A
Cantidad	200 g	Empaque	Bolsa plástica
Área	N/A	Observaciones	-

RESULTADOS FISICOQUÍMICOS				
Análisis	Unidades	Método	Resultado	Valor Referencia
Calcio en alimentos[S]	g/100 g (%)	UNE-EN 15505:2008	38.103	> 90
Humedad[S]	g/100 g (%)	Análisis de humedad en alimentos Código GOMESL.01 V08 2024-02-23	0,16	< 10
pH[S]	Unidades de pH	AOAC 943.02	9,24	8 - 9

## Apéndice B.

*Análisis microbiológicos*

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Descripción de la Muestra (+)	Harina de calcio a partir de las cascarras de huevo para suplemento en plantas		
Lugar de análisis	LABORATORIO INOQUALAB SAS		
Fecha de recepción	2025-10-08	No. de Muestra	2522906
Fecha de análisis	2025-10-09	Matriz	ALIMENTO
Tipo de Producto	Alimento empacado	Temperatura	NE °C
Lote (+)	1	Fecha Vencimiento (+)	07/10/2028
Fecha Elaboración (+)	07/10/2025	Proveedor (+)	N/A
Cantidad	200 g	Empaque	Bolsa plástica
Área	transformación	Observaciones	-

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE ALIMENTOS Y AGUAS					
Análisis	Método	+/- U	Unidades	Resultado	Valor Referencia
Coliformes totales*	AOAC 110402, 15 de diciembre de 2021	1	Ausencia o Presencia	<10	Ausencia
Escherichia coli*	AOAC 110402, 15 de diciembre de 2021	1	Ausencia o Presencia	<10	Ausencia
Mohos y Levaduras*	AOAC 100401, 22 de diciembre de 2023	1	UFC/g	<10 Mohos , <10 Levaduras	< 100
Salmonella Spp.*	ISO 6579-1:2017/Adm. 1:2020	No Aplica	Ausencia o Presencia / 25g	Ausencia	Ausencia