

Caracterización Del Bio-residuo (Cáscara de huevo) Para Posibilitar Su Uso

Yosimar Polo Casiano

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencia Básicas Tecnología e Ingeniería

Ingeniería de Alimentos

2023

Caracterización Del Bio-residuo (Cáscara de huevo) Para Posibilitar Su Uso

Yosimar Polo Casiano

Asesora:

Msc. Bibiana del Carmen Ávila García

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencia Básicas Tecnología e Ingeniería

Ingeniería de Alimentos

2023

Dedicatoria

Yosimar Polo

Mis padres, quienes siempre han estado presente en todas las etapas de mi vida académica, quienes con su gran esfuerzo me conducen a cubrirlos siempre de honra, porque la gloria del hijo es el honor del padre.

Agradecimientos

A Dios que siempre ha sido y será lámpara a mis pasos y luz en mi camino para seguir adelante.

A los tutores de la UNAD por quienes he llegado a obtener los conocimientos necesarios para poder desarrollar el proyecto.

De manera especial a la directora del Semillero Pitanza Bibiana Ávila García quien me asesoró y guió para lograr realizar este proyecto.

A mis excompañeros de trabajo Tomas Molina y Levis Velásquez quienes me incitaron a seguir superándome académicamente.

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 (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 (2017).

Los resultados son el diseño de las operaciones unitarias, el flujograma, la factibilidad del procesamiento de la cascara de huevo 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.

Palabras claves: Cáscara de huevo, residuo, nutrientes, carbonato de calcio, producto lácteo.

Abstract

The objective of this study is to characterize the eggshell to enable the use of this residue from the production process of egg arepa from Luruaco/Atlántico. The eggshell is one of the most generated bio-waste worldwide, statistics from the National Federation of Poultry Farmers (FENAVI) showed that in 2020 egg consumption in Colombia amounted to 325 units per capita, in 2022 consumption was 315 units maintaining a stable trend. In the municipality of Luruaco/Atlántico, approximately 375,000 units of eggshells are generated daily because its main economy is based on the production of egg arepas, which has generated an environmental impact.

It is a quantitative study with a descriptive approach, in which it was possible to characterize the bio-waste through physicochemical and microbiological tests; its theoretical framework was based on the characterization of the egg shell and the productive process of calcium carbonate (CaCO_3). The tests applied indicated a high content of total hardness (1487mg/L), calcium hardness (813.6mg/L); and absence of Salmonella allowing contrast with the results of the study by Sanchez & Huanio (2017).

The results are the design of the unit operations, the flowchart, the feasibility and as an added value the training for the producers for a clean production of the ancestral product and in general an alternative for industries that use the egg as an input.

Keywords: Eggshell, residue, nutrients, calcium carbonate, dairy product

Tabla de Contenido

Introducción	17
Naturaleza y Dimensión de la Investigación	19
Marco Contextual.....	19
Ubicación Geográfica	21
Antecedentes del Proyecto de Investigación.....	22
Antecedentes de la Investigación.....	22
Planteamiento del Problema.....	33
Objetivos de la Investigación.....	35
Objetivo General.....	35
Objetivos Específicos.....	35
Justificación y Delimitación de la Investigación	36
Términos del Proyecto de Investigación.....	38
Definición de Términos	38
Cáscara.....	38
Huevo.....	38
Bio-residuo	38
Nutrientes.....	38
Minerales	38
Estudio Físicoquímico	39
Estudio Microbiológico	39

Prototipo	39
Alimento fortificado	39
Buenas Prácticas de Manufactura.....	39
Carbonato de calcio (CaCO ₃).....	40
Sostenibilidad	40
Recolección	40
Separación en la fuente.....	40
Tratamiento.....	41
Marco de Referencia	42
Marco Teórico.....	42
Huevo de Gallina	42
La Clara.....	42
Yema.....	42
Cáscara de Huevo.	43
Características Microbiológicas de la Cáscara de Huevo	44
Beneficios de los Componentes Químicos de la Cáscara de Huevo.....	45
Procedimientos para Pulverizar la Cáscara de Huevo	45
Estadística del Consumo de Huevo de Gallina.....	47
Estudio de Factibilidad	48
Cantidad de Cáscaras de Huevo Generadas	48

Pruebas fisicoquímicas.....	48
Usos del carbonato de calcio.....	49
Manejo de Residuos Solidos.....	49
Normativa sobre Manejo de Residuos Solidos.....	49
Resolución 2184 de 2019.....	49
Resolución 2674 de 2013.....	50
Normativa Sobre la Cáscara de Huevo.....	51
Norma Técnica Colombiana NTC 1240	51
Pruebas Fisicoquímicas para la Cáscara de Huevo	51
Pruebas Fisicoquímicas.....	51
Análisis de Carbonato de Calcio.....	51
Determinación de Cenizas	51
Determinación de Humedad	51
Pruebas Microbiológicas	52
Metodología de la Investigación.....	53
Línea de Investigación	53
Tipo de Investigación.....	53
Método de la Investigación.....	53
Fases de la Investigación	54
Fase 1 Recolección de información.....	54

	10
Fase 2 Análisis de la información.....	54
Fase 3 Diseño.....	54
Fase 4 Socialización	54
Métodos de recolección de la información	55
Métodos de Análisis de la Información	57
Diseño	57
Socialización.....	57
Resultados.....	59
Caracterización de la Cáscara de Huevo.....	59
Cenizas.....	59
Humedad.....	60
Dureza Cálctica.....	60
Dureza Total	60
Viabilidad del Proyecto en Cuanto a la Producción del Biorresiduo.....	61
Capacitación ASOPRAL	71
Alternativa de Reúso de la Cáscara de Huevo	72
Estadísticas de Percepción de Compra del Carbonato de Calcio.....	73
Diseño de Proceso de Tratamiento de la Cáscara de huevo.....	76
Descripción del proceso.....	76
Recepción de materia prima.....	76

Lavado y desinfección.	76
Retiro de membranas y secado.	76
Molido grueso.	77
Molido fino.	77
Tamizado.....	77
Empacado.....	77
Almacenado.	77
Conclusiones y Discusión.....	83
Referencias.....	86
Apéndice	95

Listado de Tablas

Tabla 1 Requisitos Microbiológicos de la Cáscara de Huevo	45
Tabla 2 Diseño del Experimento de Pruebas Físicas	56
Tabla 3 Diseño de Pruebas Microbiológicas	56
Tabla 4 Diseño de Pruebas Químicas	56
Tabla 5 Resultados De Los Análisis Fisicoquímicos Y Microbiológicos	61
Tabla 6 Factibilidad Técnica de la Propuesta de Proyecto	62
Tabla 7 Indagación de Mercado del Carbonato de Calcio	63
Tabla 8 Factibilidad Económica (Equipos y su Capacidad)	64
Tabla 9 Factibilidad Económica – Manufactura: Servicios Públicos (Electricidad)	65
Tabla 10 Factibilidad Económica - Manufactura: Servicios Públicos (Gas)	66
Tabla 11 Factibilidad Económica - Manufactura: Servicios Públicos (Agua)	67
Tabla 12 Factibilidad Económica – Manufactura: Operarios	68
Tabla 13 Factibilidad de Costos Mensuales.....	69
Tabla 14 Dimensiones de Área de Producción	70
Tabla 15 Análisis de PCC del Proceso y Medidas Correctivas	78

Listado de Figuras

Figura 1 Ubicación del Municipio de Luruaco/Atlántico	21
Figura 2 Estructura de la Cáscara de Huevo	44
Figura 3 Percepción de Panaderos	74
Figura 4 Percepción de Fabricantes de Fertilizantes.....	75
Figura 5 Diagrama de Flujo del Proceso Obtención de Carbonato de Calcio	82

Apéndice

Apéndice A. Resultados de Análisis Microbiológicos	95
Apéndice B. Resultados de Análisis Fisicoquímicos.....	96
Apéndice C. Ficha Técnica de la Báscula.....	97
Apéndice D. Ficha Técnica de Lavadora.....	98
Apéndice E. Ficha Técnica de Horno de Aire Caliente	99
Apéndice F. Ficha Técnica de Molino P22.....	100
Apéndice G. Ficha Técnica de Molino de Bolas	101
Apéndice H. Ficha Técnica de Maquina de Tamizado Lineal Vibrante.....	102
Apéndice I. Ficha Técnica de Maquina Empacadora Multifuncional	103
Apéndice J. Evidencia de lista de Asistencia a Charla	104
Apéndice K. Evidencia de lista de Asistencia a Taller	105
Apéndice L. Evidencia de Asistencia a Taller y Charla	106
Apéndice M. Nombre de las Panaderías Encuestadas	107
Apéndice N. Nombre de las Empresas de Fertilizantes Encuestadas	108
Apéndice Ñ. Indagación de Mercado del Carbonato de Calcio Mckenna Group.....	109
Apéndice O. Indagación de Mercado del Carbonato de Calcio Marca NaturalQuim	110
Apéndice P. Indagación de Mercado del Carbonato de Calcio Marca BM	111
Apéndice Q. Indagación de Mercado del Carbonato de Calcio Grado Agrícola.....	112
Apéndice R. Resumen Analítico EDUCATIVO- RAE	113

Listado de Abreviaturas

AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ASOPRAL	Asociación de Productores De Arepas De Huevo De Luruaco
Aw	Actividad del Agua
BPM	Buenas Prácticas De Manufactura
CaCO ₃	Carbonato de Calcio
DCA	Diseño Completamente Al Azar
DSC	Calorimetría Diferencial De Barrido
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
ESP	Polvo de Cáscara De Huevo
EDTA	Acido etilendiaminotetraacético
ONU	Organización de las Naciones Unidas
FENAVI	Federación Nacional De Avicultores De Colombia
h	Horas
DANE	Departamento Administrativo Nacional De Estadística
ODS	Objetivos De Desarrollo Sostenible
NTC	Norma Técnica Colombiana
MADS	Ministerio de Ambiente Y Desarrollo Sostenible
Mj	Megajoules
m ³	Metros cúbicos
ISO	Internacional Organization for Standardization
nm	Nanómetro

°C	Centígrado
ppm	Partes por millón
pH	Potencial de hidrogeno
pcc	Puntos críticos de control
POES	Procedimientos operativos estandarizados de saneamiento
mm	Milímetro
g	Gramo
µm	Micrón o Micra
ml	Mililitro
L	Litros
min	Minuto
kg	Kilogramo
W	Vatios
kw	Kilovatios
kcal	Kilocalorías
S _s	Superficie estática
S _g	Superficie gravitacional
S _e	Superficie de evolución

Introducción

El propósito de este estudio es posibilitar el uso del biorresiduo cáscara de huevo producto de la producción de arepas de Luruaco, Atlántico, la mala recolección de residuos en el municipio ha provocado contaminación donde es abandonado. Causando contaminación en lugares donde son desechados; y que a través de pruebas analíticas se caracterizó fisicoquímica y microbiológicamente éste bio-residuo para posibilitar su uso mediante el diseño de las operaciones unitarias del procesamiento de la cáscara de huevo, flujograma del proceso y estudio de factibilidad del procesamiento, además fortalecer el programa de manejo de residuos sólidos mediante la capacitación a las personas pertenecientes a la Asociación de Productores De Arepas De Huevo De Luruaco (ASOPRAL).

Debido al reconocimiento gastronómico que tiene la arepa de huevo de Luruaco en la región, se ha generado gran cantidad de cáscaras de huevo que ha ocasionado un impacto ambiental negativo sobre vertederos, campos abiertos o montes abandonados; se desechan aproximadamente 375.000 unidades diarias del bio-residuo cuya cantidad es considerable.

Siendo la cáscara de huevo el bio-residuo de mayor interés para dar solución a la problemática, el marco teórico es enfocado en el huevo y su estructura, la normatividad (resolución 2184 del 2019 y resolución 2574 de 2013), la factibilidad técnica, el proceso de obtención de carbonato de calcio y la identificación de los usos para las diferentes aplicaciones industriales.

Es un estudio de tipo cuantitativo con enfoque descriptivo que abarca las siguientes fases: En la fase 1 se realiza la recolección de información por medio de entrevistas a las productoras, las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas y la documentación bibliográfica con el propósito de caracterizar la cáscara de huevo y fortalecer el programa de manejo de residuos sólidos; en la

fase 2 se analiza la información recolectada con el propósito de diseñar un proceso de tratamiento del biorresiduo e implementar el programa de manejo de residuos sólidos contextualizado a la arepa del huevo; en la siguiente fase se realiza el diseño de las operaciones unitarias del procesamiento de la cáscara de huevo, flujograma, estudio de factibilidad y la capacitación a las productoras; en la última fase se realiza la sensibilización a las productoras a través de la capacitación según resolución 2674 de 2013 para lograr la recolección adecuada de la cáscara de huevo para su tratamiento y el diseño de las operaciones unitarias del procesamiento del biorresiduo.

La viabilidad del procesamiento de las cáscaras de huevo partiendo de los resultados de las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas que indican que es apto para la obtención de carbonato de calcio, seguidamente se realiza la descripción de cada una de las operaciones unitarias para el procesamiento y su respectivo flujograma, así como también la factibilidad técnicoeconómica de los equipos, operarios, servicios, mercado al cual va dirigido el producto final (Carbonato de calcio). Con el valor agregado de la capacitación a las productoras en el programa de manejo de residuos sólidos y en particular el tratamiento de la cáscara huevo como biorresiduo según resoluciones 2184 de 2019 y 2674 de 2013, contribuyendo con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Naturaleza y Dimensión de la Investigación

En este primer capítulo se expondrá el desarrollo de la investigación teniendo en cuenta la problemática identificada, los estudios realizados, la descripción del problema, se formula la pregunta que se resolverá en la presente investigación, también se presentarán los objetivos que se pretenden alcanzar; y se justificará el estudio según su importancia.

Marco Contextual

Actualmente, todo proyecto se debe enfocar en solucionar problemas de las comunidades, por lo tanto, inicialmente se procedió a identificar el problema; y en este estudio se inició con ese propósito en el municipio de Luruaco/Atlántico, identificando que las productoras de arepas de huevo no realizan la debida disposición de los residuos generados (Cáscaras de huevo, bolsas de papel, servilletas, cáscaras de papa, etc.) en la producción de arepas ya que la empresa prestadora de servicio de aseo no realiza la recolección continua de los residuos, debido a esto los residuos están siendo arrojados en montes abandonados y vertederos provocando contaminación ambiental en ese municipio, problemática que lleva mucho años.

La legislación enfocada en la resolución 2184 de 2019 en particular al manejo de los residuos sólidos tiene como propósito garantizar la apropiada selección, recolección, almacenamiento temporal y disposición final de los residuos sólidos.

En el procesamiento de la cáscara de huevo, inicialmente se hace necesario realizar una selección del biorresiduo en la que se pretende descartar las cáscaras con color y olor no aptos después llevar a “lavado y desinfección (12 ml de Hipoclorito de sodio al 5% por cada 3 litros de agua)” las que están en estado óptimo para su posterior tratamiento térmico (Ceylin et al., 2016, p. 3); en la siguiente operación se aplica una temperatura específica de 20 a 100°C para el secado y separación de la membrana y la cáscara del huevo donde se utiliza como equipo un horno de

aire caliente; para reducir el tamaño de la cáscara de huevo primeramente se utiliza un molino convencional y para pulverizar el producto es necesario un molino de bolas donde se realiza un molido fino; finalmente el producto es tamizado con una máquina de tamizado lineal vibrante para obtener el tamaño milimétrico o nanométrico según su demanda. El carbonato de calcio extraído de la cáscara de huevo tiene diferentes aplicaciones: Fortificar alimentos, como filtro para reducir compuestos azufrados en el agua, fertilizante para mejorar suelos ácidos, Suplemento de calcio, etc. (Aditya et al., 2021).

Según la normativa las cáscaras de huevos deben cumplir con los criterios de aceptación o rechazo que dentro de las pruebas microbiológicas se establece, es decir, que debe estar libre de *Salmonella* (ICONTEC, 2011).

Ubicación Geográfica

En el departamento de Atlántico, en el municipio de Luruaco, existe ASOPRAL que es la asociación de productoras de arepas de huevo de Luruaco y se ubica en la dirección: Kra 18a No. 15b-22, en la que pertenecen 70 mujeres cabeza de familia que se dedican a la producción de este alimento.

Figura 1

Ubicación del Municipio de Luruaco/Atlántico



Nota. Ubicación geográfica del municipio de Luruaco. Tomado de Google Maps (2022).

Antecedentes del Proyecto de Investigación

Las cascaras de huevo poseen muchos poseen minerales valiosos como también ciertos compuestos bioactivos de gran importancia, pero que estos pueden volverse peligrosos si no se manipulan o desechan adecuadamente. Algunas investigaciones realizadas afirman que las cascaras de huevo se consideran residuos de vertederos y montes abandonados que pueden recolectarse, reutilizarse y regenerarse para futuras aplicaciones; por lo anterior, se presentarán 8 estudios relacionados con los usos de la cascara de huevo, beneficios y su valor nutricional.

Antecedentes de la Investigación

A continuación, los estudios relacionados que aportan a este proyecto de investigación son:

Ortega-Ramírez et al. (2021). Autor del estudio “Problemas de la Generación, Disposición y Tratamiento de los Residuos Sólidos en el Municipio de Quibdó, Colombia”.

Esta investigación resulta un buen aporte para este proyecto porque en el cual aplican las diferentes etapas que se necesitan para disponer de los residuos que se generan en el sector urbano, pero también tienen en cuenta lo establecido en la resolución 2184 del 2019 en lo referente con el código de colores establecido para la disposición de los residuos.

El propósito de este estudio fue enfocado en generar alternativas de aprovechamiento utilizadas y posibles estrategias de mercado para la recuperación y/o comercialización de estos residuos dentro del territorio nacional e internacional. En la metodología realizaron una revisión bibliográfica por medio de diferentes bases de datos (Google Scholar, EBSCO HOST, Science Direct) y otros documentos basada en los planes de manejo ambiental por parte de las entidades gubernamentales encargadas de la gestión ambiental del municipio de Quibdó (Ortega-Ramírez et al., 2021).

En los resultados se trataron las etapas que conforman el ciclo de los residuos sólidos urbanos (RSU). Dichas etapas son: la generación, la separación, recolección y transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos; y partir de esas etapas se caracterizaron las etapas de gestión residuos sólidos en el municipio de Quibdó (Ortega-Ramírez et al., 2021).

Burga Jacobi, P. N. R. (2018) autor del estudio “Aprovechamiento de residuos agroindustriales de cáscara de huevo como insumo para la elaboración de pintura látex de color”. Este estudio tuvo como objetivo aprovechar los residuos de cáscara de huevo como insumo para la elaboración de pintura latex de color para proponer una solución social, ambiental y técnica. El aporte de esta investigación al presente estudio es importante porque indica un tratamiento de forma facil y eficiente para realizar la recolección del bioresiduo de la cáscara de huevo.

En el procedimiento experimental, se realiza un lavado con agua a las cáscaras de huevo para eliminar las impurezas y evitar que pueda acelerar el proceso de descomposición, seguidamente se realiza su recolección donde éste bioresiduo fue colocado en bolsas de plástico y posteriormente almacenado en un congelador o refrigerador a 5°C hasta su tratamiento (Burga Jacobi, 2018).

Burga Jacobi, (2018). En los resultados se verificó que la cáscara de huevo contiene $90.37 \pm 0,97\%$ de carbonato de calcio, además el análisis granulométrico confirmó que la cáscara presentó un tamaño de partícula menor a $45 \mu\text{m}$ apto para ser utilizado en pintura latex de color (p. 94); así de esta manera, contribuyendo en el fortalecimiento de las políticas de manejo de residuos para que puedan ser aplicadas en instituciones públicas y privadas bajo el enfoque de responsabilidad social (Burga Jacobi, 2018).

Ceylin Y. (2016) autor del estudio “Desarrollo de galletas a base de harina de maiz y

quinua con adición de cáscara de huevo en polvo”.

La importancia de éste estudio para el presente proyecto es en lo relacionado con el pretratamiento de la cáscara del huevo, específicamente en las operaciones de lavado y secado de la misma.

En su objetivo principal fue el desarrollo de una formulación de galletas a base de maíz y quinua fortificada con cáscara de huevo. En la metodología realizan la debida identificación de la materia prima donde obtienen harina de maíz nixtamalizada, granos de quinua, cáscara de huevo, miel de abeja, polvo para hornear y esencia de vainilla. Para la obtención del polvo de cáscara de huevo, primeramente realizan un lavado con agua destilada y seguidamente las cáscaras fueron sumergidas en una solución de cloro a 200 ppm durante 15 minutos (3 litros de agua con 12 ml de hipoclorito de sodio al 5%) (Ceylin et al., 2016, p. 3). Se usó un Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos, tres repeticiones y dos medidas repetidas en el tiempo (día 1 y 15) para evaluar diferentes concentraciones de harina de maíz nixtamalizado (HMN) (80, 65 50%) con quinua (Q) (20, 35, 50%), adicionando 2% de cáscara de huevo en polvo a la formulación de cada tratamiento (Ceylin et al., 2016, p. 5); Se realizó el análisis microbiológico según el Bacteriological Analytical Manual. En la preparación de las galletas se pesaron los ingredientes y se sometieron a homogenización por dos minutos, una vez obtenida la masa procedieron a dividir en porciones para después moldear y luego hornear “a 93°C por 20 minutos, finalmente las galletas fueron empacadas” (Ceylin et al., 2016, p. 8).

Los análisis finales aplicados a al producto fueron: análisis microbiológicos para las galletas, análisis de textura, actividad del agua, análisis de proteínas, análisis de calcio para la cáscara de huevo y galletas; y análisis sensorial (Ceylin et al., 2016).

En los resultados, la Aw se mantuvo al igual que la dureza de las galletas. Al aumentar el

contenido de harina de maíz nixtamalizado se incrementó el contenido de calcio. “Los tratamientos aportaron entre 4.09 a 4.50% de las proteínas totales y entre 6 y 10% del RDA de calcio. El análisis de costos de formulación mostró que el incremento en el contenido de quínoa encarece las galletas” (Ceylin et al., 2016, p. iii).

Hussain, A. (2009). Autor del estudio “Dielectric properties and microwave assisted separation of eggshell and membrane” traducido así “Propiedades dieléctricas y separación asistida por microondas de cáscara de huevo y membranas”. Este estudio es de gran importancia para el presente proyecto porque da conocer teóricamente que pasa en la separación eficiente de la membrana y la cáscara de huevo; y de manera práctica, nos aporta como realizar la separación aplicando equipos y temperaturas para el propósito indicado.

El objetivo principal del estudio, se basó en encontrar el método adecuado para separar la cáscara de huevo de la membrana. La metodología aplicada se usó calorimetría diferencial de barrido (DSC) para la determinación de desnaturalización de proteínas. En los resultados, teniendo en cuenta el estudio comparativo de tratamientos con microondas, los tratamientos realizados con este equipo, es claramente evidente que las microondas tienen un efecto sobre la energía de enlace entre la cáscara del huevo y la membrana, y que el tratamiento con microondas de los huevos reduce la energía de enlace requerida para separar la cáscara del huevo y membrana. En todos los tratamientos con microondas MC 0, MC 1, MC 2, la energía de enlace disminuyó a medida que aumentaba la densidad de potencia, observándose una energía de enlace mínima de 2 W/g para todos los tratamientos con microondas. Ni la temperatura ni las interacciones entre la temperatura y la densidad de potencia tuvieron un efecto significativo en la reducción de la energía de enlace. El tratamiento con microondas redujo significativamente la energía de unión entre la membrana y la cubierta; y se desarrolló un modelo que permite el

cálculo de la energía de enlace entre la membrana y la cubierta, bajo los diversos tratamientos de microondas y de acuerdo con los diversos factores (Hussain, 2009).

El estudio evaluó el efecto del tratamiento con microondas sobre la facilidad de separación de la membrana de la cáscara. Como la reacción de un material a la radiación electromagnética depende de sus propiedades dieléctricas, las propiedades dieléctricas de las capas y membranas se evaluaron de forma independiente en un “rango de frecuencia de 200 MHz a 20 GHz, en combinación con temperaturas que varían de 25 °C a 100 °C” (Hussain, 2009, p. 32). Además, se evaluó la posibilidad de utilizar esta técnica para detectar la desnaturalización de proteínas de membrana (Hussain, 2009).

Pérez, G., Guzman, J., Duran, K., Ramos, J., & Acha, V. (2018) autores del estudio “Aprovechamiento de las cascaras de huevo en la fortificación de alimentos”. Este estudio es importante como evidencia en este proyecto porque toman el carbonato de calcio obtenido de la cáscara del huevo para fortificar un alimento, en este caso, yogurt; también en el cual podemos identificar una de las formas de obtención de la partícula del polvo cáscara de huevo, lo cual resulta un aporte significativo para el presente proyecto.

El objetivo es la presentación de un yogurt funcional fortificado con micropolvos de cáscara de huevo. En la metodología, para elaboración del yogurt se utilizaron “500 ml de leche pasteurizada a la que se añadió 50 g de azúcar y luego se pasteurizó a 80°C por un tiempo de 2,5 min, posteriormente se enfrió hasta 45°C”; para realizar la inoculación con bacterias lácticas seguidamente se realizó la fermentación durante 6 horas a 45 °C (Pérez et al., 2018, p. 31).

Pérez et al. Mencionaron que la adición de micropolvos se realizó antes de la inoculación y después de la fermentación, obteniéndose dos tipos de yogurt (2018, p. 31).

Se añadieron diferentes cantidades de micropolvos con un “tamaño de partícula de 45 a

63 um en cantidades de 0.77, 1.54, 2.31 g y se dejaron tres muestras sin adición, el tiempo de incubación fue de 5 horas a una temperatura de 45°C utilizando un baño María”; una vez obtenido el yogurt se adicionaron las mismas cantidades de micropolvos, llegándose a obtener 6 muestras (Pérez et al., 2018, p. 31).

En la evaluación sensorial planificaron un diseño experimental de bloques al azar para 7 muestras de yogurt. En el análisis sensorial se calificaron el sabor, olor, textura y apariencia.

Pérez et al., (2018, p. 33), “en los resultados de su estudio, indicaron que los micropolvos de cascara de huevo obtenidos contenían 36.7g de calcio, 388mg de magnesio y 99.8mg de fosforo por cada 100g de micropolvos”; La espectrofotometría de fluorescencia reportó que los micropolvos contienen la misma cantidad de calcio que las tabletas comerciales distribuidas en farmacias; afirmaron que el tamaño de la partícula influye directamente en la formación de suero si la adición es realizada después de la incubación y en la formación de precipitado si la adición se realiza antes de la incubación.

Según los análisis fisicoquímicos, encontraron que el pH de los yogures se incrementa proporcionalmente en función a la adición de micropolvos, antes y después de la incubación; y que las viscosidades de los yogures disminuyeron con la adición de micropolvos de cáscara de huevo (Pérez et al., 2018).

Ayman El-Shibiny (2018). En su estudio “The use of nano-sized eggshell powder for calcium fortification of cow and buffalo milk yogurts” traducido así “el uso de polvo de cáscara de huevo de tamaño nanométrico para la fortificación con calcio de yogures de leche de vaca y búfala”.

Teniendo en cuenta la metodología aplicada y sus resultados, este estudio aporta al presente proyecto la forma de obtener el polvo de cáscara de huevo y el tamaño nanométrico en

que se debe dejar este polvo, es decir, tamaño de 0,3nm para ser aplicado en leche de vaca y búfala.

El objetivo de este estudio fue producir yogur de leche de búfala y vaca con un alto contenido de calcio mediante la fortificación con polvo de cáscara de huevo de tamaño nanométrico (nano-ESP).

La metodología que presentó este autor fue principalmente para la obtención del polvo de cáscara de huevo. Preparación de polvo de cáscara de huevo (ESP) de tamaño nanométrico.

ESP de tamaño nanométrico se obtuvo moliendo el grueso polvo usando un molinillo de huesos Modelo PQ-N2 Gear Drive- -4 estaciones (a través de International, Livingston, NJ, UU.).

El diámetro promedio y la distribución de tamaño de nano-ESP se llevaron a cabo a $25 \pm 0,1$ °C con Nano ZS/ ZEN3600 Zetasizer (Malvern Instruments Ltd., Reino Unido) con un láser He/Ne ($\lambda = 633$ nm), ángulo de dispersión 90° . Las muestras se diluyeron en tampón de fosfato 0,1 M pH 7,0 y se filtraron a través de Membrana de $0,45 \mu\text{m}$ (Mellipore, EE. UU.) para obtener un recuento tasa en el rango apropiado de 100 a 450 nm, para evitar fenómenos de dispersión múltiple debido a la interacción entre partículas. Inmediatamente, la muestra diluida se transfirió en una cubeta de poliestireno para la determinación del tamaño, y entonces el diámetro promedio z (D_z) y la disparidad de partículas índice (PDI) fueron registrados por dispersión de luz dinámica (El-Shibiny et al., 2018, p. 39).

Este autor en los resultados que obtuvo en su estudio presento que: la distribución de tamaño de partícula. Nano-ESP se comportó como una sola curva de distribución normal. “El tamaño de partícula medio z fue de 590,5 nm con un índice de disparidad de partículas (PDI) de 0,654. Incluso después de la filtración a través de un filtro de membrana de $0,45 \mu\text{m}$ ”, se

observaron grandes grupos, lo que indica una rápida agregación de partículas de tamaño nanométrico después de la filtración (El-Shibiny et al., 2018, p. 40).

Efecto de nano-ESP añadido en la fabricación de yogur. Los estudios preliminares demostraron que la adición de 0,3% de nano-ESP a la leche de vaca y 0,5% a la leche de búfala producía yogur con un coágulo firme en 4 a 5 horas; Finalmente comprobaron que se puede hacer un yogurt a partir de leche de vaca y búfala fortificada con nano-ESP hasta 0,3% ya que pueden obtener un producto con una composición y propiedades texturales aceptables y atributos sensoriales (El-Shibiny et al., 2018, p. 41).

King`ori, AM (2011). En el estudio “A Review of the uses of poultry eggshells and shell membranes” traducido como “Una revisión de los usos de las cáscaras de huevo y las membranas de la cáscara de las aves de corral”.

Este estudio es importante para este proyecto por ser una evidencia más en torno a los múltiples usos que tiene la cáscara de huevo como bio-residuo, pero también por mostrar los usos que tienen las membranas de la misma, resultando de cierta manera un residuo contaminante más, por lo cual, también se debe manejar adecuadamente contribuyendo a una solución a la problemática identificado en mi proyecto.

El objetivo de este estudio fue conocer los múltiples usos de la cascara de huevo en nutrición y medicina.

Este autor en su metodología realizó una vigilancia tecnológica de ciertos documentos relacionados con los usos de la cascara de huevo/membrana de la cascara y su aplicación en las diferentes industrias.

En los resultados que obtuvo dio a conocer los diferentes usos y aplicaciones de la cascara de huevo, es decir, es importante como Fertilizante que aporta calcio y una enmienda

para suelos ácidos; remedio para la osteoporosis y la motilidad articular dolencias; Un estabilizador de suelo, para uso como material de construcción; Un suplemento de calcio para ponedoras híbridas a finales fase de producción que aumenta la producción de huevos y mejora la calidad de la cáscara; en obras de arte para la producción de mosaicos y como pegamento, en cosmética y cirugía de quemados donde mejora apariencia de la piel (cirugía plástica); en ortopedia y odontología como auxiliar de tratamiento; En nutrición deportiva para aumentar el rendimiento en atletas; En la industria alimentaria como saborizante alimentario (King' Ori, 2011).

Baláž, M. (2018) en su artículo “Ball milling of eggshell waste as a green and sustainable approach” traducido así “Molienda de bolas de residuos de cáscara de huevo como un enfoque ecológico y sostenible”

El objetivo principal de este artículo fue mostrar que los desechos de cáscara de huevo se subestiman y, a menudo, se desechan, a pesar de que se pueden utilizar de manera efectiva. Además, si se aplica la técnica del molino de bolas, se puede ampliar aún más su espectro de aplicación.

Este artículo es de gran importancia para este proyecto por dar a conocer tanto teórica como de manera práctica, el proceso de pulverización de las cáscaras de huevos utilizando como equipo principal el molino de bolas, ya que con este equipo se puede homogenizar el polvo de cáscara de huevo para posteriores aplicaciones.

En los resultados, la molienda de bolas fue un paso clave. Ofreció la gran oportunidad de homogeneizar el polvo para posteriores aplicaciones en materiales compuestos como rellenos. Posteriormente se pudo lograr una mejora en las propiedades mecánicas. La molienda con bolas también pudo mejorar la capacidad de sorción de ES y ESM hacia metales pesados y

colorantes. En otras aplicaciones peculiares (por ejemplo, como agente de administración de fármacos, en la síntesis de agente antibacteriano), que mostró la multidisciplinariedad de este fascinante material natural (Baláž, M. 2018).

Aditya Sanprit, Stephen Jaspin, Radhakrishnan Mahendran (2021). Autores que en su “Utilization of eggshell waste in calcium-fortified foods and other industrial applications” traducido como “Utilización de desechos de cáscara de huevo en alimentos fortificados con calcio y otras aplicaciones industriales” dieron a conocer el potencial de los desechos de la cáscara de huevo para convertirse en una fuente biodisponible de calcio para la fortificación de alimentos mediante la investigación de información como su objetivo principal.

Este artículo resulta importante para el presente proyecto porque muestra el paso a paso de los diferentes métodos para esterilizar la cáscara de huevo; separar las membranas de la misma con el equipo requerido; realizar el secado con la temperatura y el equipo que requiera la aplicación; la molienda y tamizado para los diferentes tamaños nanométricos en que debe quedar el polvo de cáscara de huevo según el tipo de aplicación que se requiera, es decir, si es para galletas, embutido, yogurt, alimentación animal, industria farmacéutica, enmienda del suelo, etc.

En su metodología, en el estudio realizaron la revisión bibliográfica de acuerdo con todas las aplicaciones alimentarias disponibles en torno a este desperdicio de cascara de huevo; también se realizó una discusión los aspectos futuros para utilizar este desperdicio disponible en varias aplicaciones basadas en alimentos para convertir este desperdicio en riqueza.

En sus resultados indicaron que la cascara de huevo era apta para varias aplicaciones agrícolas, medicas e industriales. A demás de ser una fuente más barata de calcio, también era más fácil de obtener el carbonato de calcio de él; y que poseía mayor disponibilidad que el calcio sintético y era apto para el consumo humano después de un tratamiento térmico mínimo. Por lo

tanto, puede usarse como fuente de calcio. Además, las cascaras de huevo también se pueden usar en las industrias farmacéuticas y en otros usos, como alimentos para animales y mejoradores de suelo (Aditya et al., 2021).

Planteamiento del Problema

En el departamento del Atlántico, municipio de Luruaco, existe un grupo de mujeres cabeza de familia agrupadas en una asociación de productores de arepas de huevo de Luruaco, (ASOPRAL); ellos comercializan este producto, siendo el sustento de sus familias, y el cual es considerado patrimonio gastronómico del departamento del Atlántico. Sin embargo, en la producción de este alimento no se ha establecido una debida recolección de los residuos que salen de ésta porque en este municipio no hay un plan de manejo de residuos; y que por malas prácticas son arrojados en vertederos, campos abiertos o montes abandonados provocando la acumulación de basuras que traen consigo malos olores, insectos, animales de carroña, etc.; dentro de los residuos se encuentra la cáscara de huevo, cuya cantidad es considerable si se tiene en cuenta que por mesa de trabajo pueden producirse alrededor de 150 arepas diarias y sólo esta asociación tiene 70 mujeres, pero existen aproximadamente 2500 puestos en todo el municipio. Lo cual sucede por la frecuencia en que la empresa prestadora de servicio realiza la recolección de basuras, es decir, una vez por semana aun estando documentado que este servicio se debe realizar tres veces por semana (Aseo Caribe S.A.S E.S.P., 2022).

Es importante señalar que el servicio de agua tampoco se presta con regularidad, debido a esto se han reportado problemas sociales en la comunidad (Caracol Radio, 2022); por lo cual se hace urgente comprar el agua porque llega en mínima cantidad a los hogares y en estado no óptimo para consumo (Martínez, 2022); tampoco se busca una solución inmediata para el manejo de aguas de consumo (Baláž, 2018).

Este mineral como lo es el calcio es necesario en las poblaciones infantiles, para que alcancen un desarrollo óseo y dentadura permanente sana, así mismo, para las mujeres en edad fértil y menopaúsicas que requieren minerales para evitar enfermedades como la osteoporosis y

la pérdida de la dentadura por descalcificación. En el municipio de Luruaco/Atlántico actualmente la población general es de 24538 habitantes de los cuales aproximadamente hay 5204 niños y 1909 personas del género femenino con edades de 0 – 74 años de edad que quizá puedan tener esta necesidad (ZhujiWorld, 2023).

Teniendo en cuenta la anterior estadística es posible afirmar que la población infantil y las mujeres menopaúsicas requieran en su dieta diaria un calcio de fácil digestión para contrarrestar sus necesidades nutricionales (Pérez et al., 2018).

Partiendo de lo descrito anteriormente, mediante el proceso de investigación al problema que se presenta, surge la siguiente pregunta:

¿Cómo caracterizar la cáscara de huevo para posibilitar el uso de este bio-residuo del proceso de producción de arepa de huevo en Luruaco, Atlántico?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Caracterizar la cáscara de huevo para posibilitar el uso de este residuo del proceso de producción de arepa de huevo de Luruaco, Atlántico.

Objetivos Específicos

Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente la cáscara de huevo mediante pruebas analíticas.

Diseñar las operaciones unitarias y el flujograma del procesamiento de la cáscara de huevo como una opción para el aprovechamiento de este biorresiduo.

Realizar estudio de factibilidad del procesamiento de la cáscara de huevo como residuo para aprovechamiento de este bio-residuo.

Fortalecer las capacidades técnicas de las productoras mediante capacitaciones para que tengan la posibilidad de la implementación del programa de manejo de residuos sólidos en particular la cáscara de huevo y generación de ingresos a las productoras.

Justificación y Delimitación de la Investigación

La realización de este proyecto es pertinente por los siguientes aspectos:

La generación de la cascara de huevo como un residuo a nivel mundial data a un millón de toneladas, aunque su biodegradación se efectúa en corto tiempo, puede usarse como un complemento alimenticio debido a que es un mineral importante para el cuerpo humano en especial para el sistema óseo. Según la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI) el consumo de huevo en Colombia ha ido ascendiendo anualmente (325 unidades per cápita en 2020) de esta manera se genera este residuo en gran volumen y debido a las malas prácticas humanas no son recolectadas y terminan generando contaminación en los lugares donde son arrojados. El municipio de Luruaco (Atlántico) no es la excepción, debido al reconocimiento que tiene la arepa de huevo en propios y extraños al municipio de la delicia gastronómica, ha provocado que existan puestos de arepas de huevo en todo el municipio y por ende hay más residuos de cascara de huevo, los cuales son arrojados en montes abandonados y vertederos ocasionando contaminación debido a su degradación. De allí que la importancia de una alternativa urgente de utilización de estos residuos, con la finalidad de mitigar el problema de contaminación y deterioro de los lugares aledaños y/o dentro del municipio así de esta manera contribuir con el programa de manejo de residuos sólidos (BPM) que se viene realizando en este lugar (Arteta, 2019).

Como Ingeniero de alimentos, la aplicación de los conocimientos de tipo disciplinar para caracterizar la cascara de huevo y posibilitar su uso como bio-residuo que van desde la determinación de las pruebas analíticas, identificación de nutrientes, los estudios técnicos del diseño de las operaciones y el flujograma del procesamiento de la cáscara de huevo, el estudio de factibilidad del procesamiento y la capacitación en manejo de residuos sólidos.

La solución de tipo social al contribuir la capacitación sobre el programa de manejo de residuos sólidos en particular de la cáscara de huevo en la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo de Luruaco al dar una alternativa de utilización de la cáscara de huevo, cumpliendo con la misión de la universidad al buscar solucionar problemas regionales de las comunidades y en concordancia con los objetivos de desarrollo sostenible, donde se enfocaría principalmente en los siguientes: erradicar la pobreza en todas sus formas en todo el mundo (ODS 1); poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria y una mejor nutrición, y promover la agricultura sostenible (ODS 2); garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos y todas en todas las edades (ODS 3); alcanzar la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas (ODS 5); fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos (ODS 8); reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos (ODS 10); garantizar las pautas de consumo y producción sostenibles (ODS 12) (Organización de las Naciones Unidas, 2021).

Este estudio inicia desde la búsqueda de información en bases de datos y en el lugar donde se presenta la problemática, seguidamente la realización de pruebas fisicoquímicas y microbiológicas a las cáscaras de huevo del proceso de producción de arepa de huevo de tal manera de conseguir caracterizar este bio-residuo y en ese sentido diseñar una propuesta de tratamiento y encontrar las alternativas de reúso del mismo; hasta la realización de la factibilidad del proyecto y la capacitación a las productoras de arepas de huevo de Luruaco.

El surgimiento del proyecto dentro del Semillero Pitanza, adscrito al Grupo de Investigación GIEPRONAL, como miembro activo aplicando los conocimientos de investigación formativa en el desarrollo de un proyecto aplicado.

Términos del Proyecto de Investigación

Definición de Términos

Cáscara

Es la cubierta exterior del huevo y su importancia radica en su función de barrera ante bacterias. La resistencia de esta depende del metabolismo mineral del ave, pero también de la genética, el estado sanitario y la temperatura del ambiente ((Instituto de Estudios del huevo, 2009).

Huevo

Es un alimento de origen animal con importantes propiedades nutricionales y tecnológicas, en este caso, hace referencia al huevo de gallina, el cual se forma a partir de un ovulo o yema que se recubre de material nutritivo y de protección (clara y cáscara) antes de la puesta (Neira Solís, 2016).

Bio-residuo

Materia inservible biodegradable que resulta de la descomposición o destrucción de algo sólido o líquido; o que quedan de una producción agropecuaria o proceso industrial (Galvis González, 2016).

Nutrientes

Son los que se requieren en grandes cantidades para suministrar energía metabólica al cuerpo humano; y en pequeñas dosis para procesos tanto metabólicos como bioquímicos desempeñando importantes funciones catalizadoras, entre los cuales tenemos: proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales (Hernández, 2017).

Minerales

Son sustancias inorgánicas necesarias para los procesos fisiológicos y que no son fuente

de energía, por lo cual, es fundamental para la conservación de los seres vivos ya que influye en la actividad de distintas células (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2021).

Estudio Fisicoquímico

Se refiere a desarrollar, interpretar y aplicar las modernas técnicas para determinar la estructura y las propiedades de la materia, de tal manera que a través de los resultados obtenidos en las técnicas aplicadas podamos dar explicación a ciertos fenómenos (reacciones, cambio de energía en los procesos, etc.) (Capparelli, 2016).

Estudio Microbiológico

Este concierne al estudio de los microorganismos y sus actividades, que para lo cual se deben aplicar métodos especificados en normativas con el fin de comprender las actividades perjudiciales y beneficiosas de los microorganismos; y en ese sentido, buscar la forma de aumentar los beneficios y reducir los daños (Thomas, 2020, 13s).

Prototipo

Es la representación limitada de un producto que permite crear las bases de la idea que se ejecutará, con el cual podremos ver las fallas para poder realizar los cambios pertinentes para llegar a un producto final (Manufacturas de precisión i3D, s.f., párrafo segundo).

Alimento fortificado

Es aquel que contiene uno de sus nutrientes en mayor cantidad y puede ser un nutriente que lo contenga naturalmente o que se le haya añadido externamente para complementar la composición nutricional de ese alimento, es decir, que se le puede añadir cierto nutriente para prevenir posibles déficits generales o añadirlo porque durante la elaboración se ha eliminado (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, 2015).

Buenas Prácticas de Manufactura

Son los principios básicos y prácticas generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de los alimentos para el consumo humano, con el objeto de garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos inherentes a la producción (Ministerio de Salud y protección social, 1997).

Carbonato de calcio (CaCO₃)

Es un compuesto químico ternario, es decir, formado por tres elementos distintos: Calcio, Carbono y Oxígeno; es muy abundante en la naturaleza ya que es el componente principal de algunas rocas y también de los esqueletos, valvas y ciertos organismos como los corales y conchas, también la cáscara de huevo (Sanchez & Huanio, 2017).

Sostenibilidad

Es asumir que la naturaleza y el medio ambiente no son una fuente inagotable de recursos siendo necesario su protección y uso racional, es decir, que la sostenibilidad es promover el desarrollo social buscando la cohesión entre comunidades y culturas para alcanzar niveles satisfactorios en la calidad de vida, sanidad y educación; pero también es promover el desarrollo económico en el que se va generar riqueza equitativa para todos sin dañar el medio ambiente (Zarta, 2018).

Recolección

Es la acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores efectuada por la entidad prestadora de servicio (Instituto colombiano de normas técnicas y certificación, 2009).

Separación en la fuente

Es clasificación de los residuos en el sitio de generación para su posterior manejo

(Instituto colombiano de normas técnicas y certificación, 2009).

Tratamiento

Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización, aprovechamiento o ambos para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana (Instituto colombiano de normas técnicas y certificación, 2009).

Marco de Referencia

En este capítulo se abordan los constructos teóricos de la investigación relacionados con el proceso de obtención del carbonato de calcio a través de cascaras de huevo y la realización del estudio de factibilidad del procesamiento de la cáscara de huevo. El propósito de este capítulo identificar las teorías que permiten sustentar este estudio y los principales autores que han investigado sobre el tema.

Marco Teórico

Huevo de Gallina

Es el gameto (célula reproductiva) que aporta el miembro femenino en la reproducción sexual. Es un cuerpo unicelular, de forma esférica o más menos elíptica (que se denomina ovoide). Tras la fecundación alija al embrión durante su desarrollo, proporcionándole los compuestos nutritivos que necesita y la protección necesaria (en el caso de los huevos de reptiles, aves, y monotremas, mediante la cascara también llamada cascarón) (Instituto de Estudios del huevo, 2009). El huevo es un alimento de origen animal con importantes propiedades nutricionales y tecnológicas. Cuando no se cita la especie, suele hacerse referencia al huevo de gallina. Este se forma a partir de un óvulo de gallina (la yema), que se recubre del material nutritivo y de protección (clara y cáscara antes de la puesta) (Neira Solís, 2016, p. 8); las partes del huevo son:

La Clara. En la clara se distinguen dos partes según su densidad: el albumen denso y el fluido, el albumen denso rodea a la yema y es la principal fuente de riboflavina y de proteína del huevo. El albumen fluido es el más próximo a la cascara; está compuesta básicamente por agua (88%) y proteínas (cerca del 12%) (Neira Solís, 2016, p. 13).

Yema. Es la parte central y anaranjada del huevo. Está rodeada de la membrana vitelina,

que da forma a la yema y permite que esta se mantenga separada de la clara o albumen. En la yema se encuentran las principales vitaminas, lípidos y minerales del huevo y por ello es la más interesante desde el punto de vista nutricional (Neira Solís, 2016, p. 14).

Cáscara de Huevo. La cascara de huevo consiste principalmente en una estructura de carbonato de calcio de tipo calcita (CaCO_3) junto con una membrana rica en proteínas entrelazadas fibrosas (Colágenos y glicoproteínas) (Li et al., 2016); (Baláz, 2018). La cascara constituye la cubierta protectora del huevo, la pared que le defiende de agentes externos y el medio a través del cual pueden realizarse intercambios gaseosos y líquidos con el ambiente que le rodea, la cual representa aproximadamente del 9 al 12% del peso del huevo (Neira Solís, 2016, p. 11), evaluándose entre 5 y 6g (Awogbemi et al., 2020, p. 2).

El color de la cascara de huevo puede ser marrón o blanco según la línea genética del ave o la raza, depende de la concentración de los pigmentos, denominados porfirinas, depositados en la matriz cálcica y no afecta a la calidad, ni a las propiedades nutritivas del huevo (Neira Solís, 2016, p. 11).

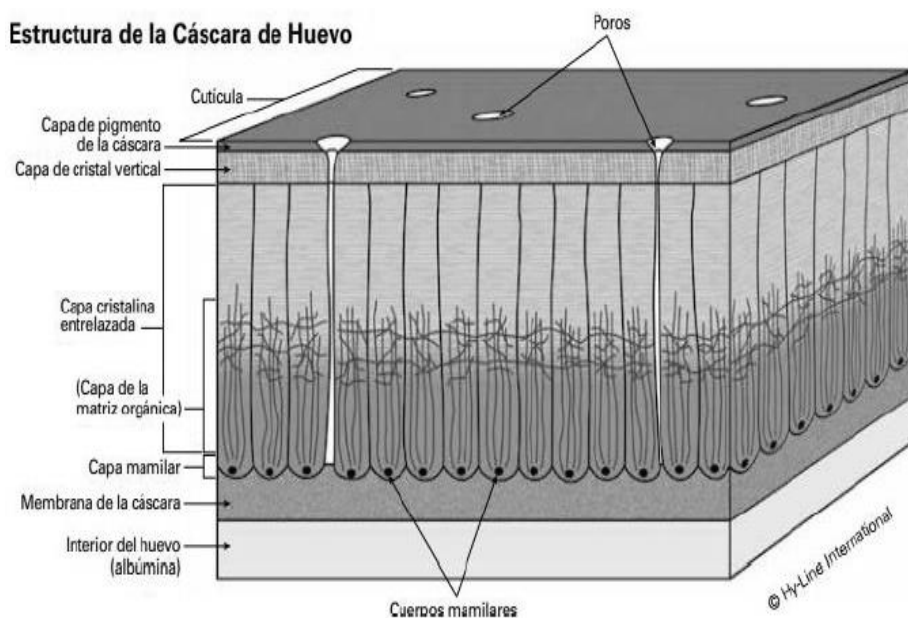
Estructuralmente la cascara está compuesta por capas, es decir, la capa mamilar, la capa de la matriz orgánica, la capa cristalina entrelazada, la capa de cristal vertical, capa de pigmento de la cascara y cutícula. La superficie de la cascara de huevo consiste en poros en forma de embudo distribuidos de manera desigual y aleatoria que puede tener alrededor de 7,000 a 17,000 en número (Castro, 2017). (Ver Figura 1).

La cascara de huevo es una biocerámica compuesta de una fase orgánica y otra inorgánica. Compuesta por 1,6% de agua, 95,1% de minerales de los cuales 93,6% corresponden a carbonato de calcio en forma de calcita, 0,8% de carbonato de magnesio y 0,73% de fosfato tricálcico y finalmente 3,3% de materia orgánica (Pérez et al., 2018, p. 30).

El carbonato de calcio lo podemos encontrar en la capa cristalina que representa la mayor parte de la estructura de la cáscara.

Figura 2

Estructura de la Cáscara de Huevo



Nota. En la capa cristalina entrelazada de la estructura de la cáscara del huevo se encuentra el carbonato de calcio que es el componente mineral mayoritario de ésta. Tomado de *Evaluación del efecto de la edad de la gallina, de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre la penetración bacteriana en huevo e influencia de la aplicación de recubrimientos de aceite sobre la calidad del huevo durante el almacenamiento* (p. 9), por García Reyes, 2017, <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4336/1/41388.pdf>

Características Microbiológicas de la Cáscara de Huevo. Los requisitos microbiológicos de la cáscara de huevo emitidos por la Norma Técnica Colombiana 1240 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2011).

La *Salmonella* spp es un microorganismo patógeno que causa infecciones intestinales y que es capaz de desarrollarse cuando hay abusos de temperatura (15 a 20 °C); es una bacteria omnipresente y resistente que puede sobrevivir varias semanas en un ambiente seco y varios meses en agua; y el parámetro negativo se presentan en la tabla 1.

Tabla 1*Requisitos Microbiológicos de la Cáscara de Huevo*

Parámetro	Resultado	Método	Normativa
<i>Salmonella</i> SPP	Negativo en 25 de muestra	International Estándar ISO 6579: 2002	NTC 1240

Nota: La prueba para determinar el parámetro indicado en la tabla 1 es la metodología de detección de *Salmonella* SPP según ISO 6579: 2002 indicada en el numeral 5.3. (Organización Internacional de normalización ISO, 2002).

Beneficios de los Componentes Químicos de la Cáscara de Huevo. “El Carbonato de calcio (CaCO₃) es el componente principal de la cascara de huevo, es muy beneficioso porque en la salud humana tiene la ventaja de neutralizar el ácido esofágico y puede prevenir el reflujo, además este calcio es fundamental para el tono muscular” (Aditya et al., 2021, p. 423). “El polvo de cascara de huevo posee un mecanismo bioactivo que permite que este polvo pueda ser absorbido mejor en el intestino humano” (A.M., 2011, p. 909). “Se puede informar que la tasa de absorción de polvo fino (34,8%) es mal alta que la de polvo grueso (21,3%) y el doble que la del carbonato cálcico sintético (13,7%)” (Aditya et al., 2021, p. 423).

Procedimientos para Pulverizar la Cáscara de Huevo. Para obtener los micropolvos de la cáscara de huevo, primeramente, se hace necesario “realizar un lavado para esterilizarlas y eliminar una posible *Salmonella*; para esto, las cascara de huevo deben lavarse con agua destilada, luego deben ser sumergidas en una solución de cloro a 200 ppm durante 15 min (3 litros de agua con 12 ml de hipoclorito de sodio al 5%) y finalmente hervir durante 30 minutos” (Ceylin et al., 2016, p. 3). “El siguiente paso consiste en un calentamiento por microondas con el objetivo de separar la cascara de huevo y membranas de la misma” (Hussain, 2009, p. 61) “la separación se basa en la diferencia entre el contenido de humedad de la membrana y la cascara de huevo, entonces, debido a esta diferencia la membrana de la cascara de huevo tiende a absorber un mayor número de ondas electromagnéticas (EMW) en la frecuencia de 926 MHz -

1520 MHz en comparación con la cascara de huevo” (Aditya et al., 2021, p. 425); la diferencia de absorbancia conduce en última instancia a diferentes velocidades de calentamiento de la membrana y la cáscara del huevo.

Una vez que alcanza una temperatura específica (20°C - 100°C), la membrana de la cáscara del huevo comienza a expandirse, esto se desencadena principalmente por el calentamiento diferencial de la membrana y la cáscara.

La expansión de la membrana de la cáscara de huevo debilitará las fuerzas adhesivas que unen la membrana y la cáscara. Esto ayuda a separar la membrana de la cáscara del huevo, que luego se puede separar manualmente con facilidad (Aditya et al., 2021, p. 425).

Las cáscaras deben ser secadas antes de molerlas, este secado se puede realizar en bandejas de aluminio formando una capa de 1cm, se introducen en un horno de convección a 60°C por 20 horas (Ceylin et al., 2016, p. 3). Las cascara de huevo pueden ser transformadas a micropolvos por molienda seguido de un tamizado. Estos micropolvos como mineral pueden ser una alternativa para fortificar alimentos o para diferentes aplicaciones.

“El polvo de cáscara de huevo se puede obtener mediante un molido grueso con un molinillo de cocina y luego con un molino de bolas obtener molido fino, es decir, un tamaño nanométrico de 0,3mm (nano-ESP)” (Aditya et al., 2021, p. 426); (Baláž, 2018, p. 425), para tamizar el producto obtenido de una molienda se puede utilizar un tamiz de 150 µm. “Para determinar la presencia o ausencia de microorganismos patógenos en el polvo de cáscara de huevo es necesario realizar un respectivo análisis microbiológico según el método establecido en la norma técnica colombiana 1240 de 2011” (ISO, 2002).

“El polvo de cáscara de huevo es utilizado para múltiples aplicaciones, una de ellas es donde este se utiliza como filtro para adsorber o reducir compuestos azufrados en el agua”

(Revelo Vargas et al., 2019); “también es utilizado como catalizador en aplicaciones catalíticas” (Awogbemi et al., 2020, p. 7); otra de las aplicaciones es la “obtención de carbonato de calcio a partir de estas cáscaras de huevo para fortificar yogurt y otros derivados lácteos” (Aditya et al., 2021, p. 428).

Estadística del Consumo de Huevo de Gallina

Los huevos de gallina pertenecen a la categoría de productos animales y consisten en yema, clara y una cáscara protectora. Según las estadísticas del DANE el consumo per cápita desde el 2011 hasta el 2020 tuvo una tendencia ascendente con 234 unidades de huevo consumidas (FENAVI, 2020).

En el 2022 el consumo de huevos per cápita a nivel nacional fue de 315 unidades (FENAVI, 2022).

En ese sentido se hace posible afirmar que en Colombia la mayoría de la gente y empresas como las panaderías, reposterías, restaurantes, etc., a la cáscara de huevo no le dan el uso adecuado porque no hay una planta de manejo para éste bio-residuo, resultando que se generen grandes cantidades de este bio-residuo y los cuales terminan en vertederos, una evidencia a esta afirmación, es “la generación de 2700 unidades de cáscara de huevo semanales por parte de la panadería “Delipan” ubicada en la ciudad de Pereira” (Posso, 2020, p. 10). Pero también hay un estudio en el que se afirma que “el volumen de cáscara huevo residual oscila alrededor de 177 toneladas mes país generadas por 7 industrias de ovoproductos ubicadas en diferentes regiones de Colombia” (Ramírez, 2020. P.17).

La recolección de este subproducto es muy importante porque se contribuye a disminuir la contaminación ambiental; y su obtención posibilita la producción de un nuevo producto, por lo que posee características deseables para ciertas aplicaciones tecnológicas.

Estudio de Factibilidad

Según Martínez, (2016) en el estudio de la factibilidad técnica se debe tener en cuenta los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc., que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Generalmente hace referencia a elementos tangibles y medibles. En el proyecto se debe considerar si los recursos técnicos actuales son suficientes o deben complementarse.

En este estudio la factibilidad está determinada por la producción de arepas de huevo y la cantidad de cáscaras de huevo que generan en la producción de las mismas elaboradas por las matronas del municipio de Luruaco; y también está determinada por las pruebas analíticas, en este caso, análisis fisicoquímicos que dan la veracidad del contenido de carbonato de calcio del biorresiduo y los múltiples usos que tiene este mineral que lo hacen muy importante en el mercado.

A continuación, se desglosan los factores anteriormente mencionados:

Cantidad de Cáscaras de Huevo Generadas. Es determinada por encuesta aplicada a las matronas sobre la producción de arepas de huevo, siendo “la encuesta una técnica válida para la recogida de datos a través de la interrogación de los sujetos cuya finalidad es obtener de manera sistemática medidas sobre los conceptos que se derivan de una problemática de investigación previamente construida” (López-Roldán & Fachelli, 2015, p. 8).

Pruebas fisicoquímicas. Este es uno de los datos tangibles en las que se aplican técnicas para determinar la estructura y las propiedades de la materia, en particular la cáscara de huevo de tal manera que se confirme su contenido con lo investigado en estudios realizados, en este caso, la cantidad tanto en dureza cálcica como en dureza total y en consecuencia a través de los resultados confirmar si el biorresiduo es apto para el uso que se requiera.

Usos del carbonato de calcio. Se considera otro de los datos tangibles, éste se determina a través de la indagación en bases de datos donde se procede con la recogida de la información, análisis y comparación de los diferentes estudios relacionados con el uso del mineral para así seleccionar los usos a aplicar según la posible demanda.

Manejo de Residuos Sólidos

Para este manejo, hay que tener en cuenta el ciclo de los residuos sólidos urbanos (RSU), es decir, la generación, la separación, recolección y transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos; y partir de esas ese ciclo se caracterizan las etapas de gestión residuos sólidos (Ortega-Ramírez et al., 2021, p. 183).

En ese sentido, antes del tratamiento de la cáscara de huevo (obtención de carbonato de calcio) primeramente debe pasar por una etapa de lavado utilizando agua para eliminar cualquier materia orgánica; la siguiente operación es una recolección del biorresiduo en bolsas plásticas y la última etapa de este proceso es la conservación del biorresiduo a 5°C hasta su aprovechamiento (Burga Jacobi, 2018).

Normativa sobre Manejo de Residuos Sólidos

Resolución 2184 de 2019. Teniendo en cuenta esta resolución, el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (MADS) modificó los indicadores sobre los cuales se determina el porcentaje de reducción de bolsas vendidas respecto al año base.

En ese sentido, ordena a los distribuidores de bolsas plásticas incorporar dichos indicadores en el reporte anual con respecto a la cantidad de bolsas vendidas; y el cual debe ser entregado a la autoridad. Dicho informe le servirá al MADS para consolidar la información y a su vez, medir los resultados y el impacto ambiental del programa de uso racional de bolsas plásticas.

También, esta resolución ordena la adopción de un código de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente en todo el territorio nacional, que dispone lo siguiente:

Color verde para depositar los residuos orgánicos aprovechables.

Color blanco para depositar los residuos aprovechables como plástico, vidrio, metales, multicapa, papel y cartón.

Color negro para depositar los residuos no aprovechables.

Resolución 2674 de 2013. La presente resolución establece los requisitos que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos y los requisitos para la notificación, permiso o registro sanitario de los alimentos, según el riesgo en salud pública con el fin de proteger la vida y salud de las personas.

Establece que en las condiciones básicas de higiene en la fabricación de alimentos realizar la disposición de los residuos líquidos y sólidos: el manejo de residuos líquidos dentro del establecimiento debe realizarse de manera que impida la contaminación del alimento o de las superficies de potencial contacto con éste. Los residuos sólidos deben ser removidos frecuentemente de las áreas de producción y disponerse de manera que se elimine la generación de malos olores, el refugio y alimentos de animales y plagas y que no contribuya de otra forma al deterioro ambiental; el establecimiento debe estar dotado de un sistema de recolección y almacenamiento de residuos sólidos que impida el acceso y proliferación de insectos, roedores y otras plagas, el cual debe cumplir con las normas sanitarias vigentes; cuando se generen residuos orgánicos de fácil descomposición y no se disponga de un mecanismo adecuado de evacuación periódica se debe disponer de cuartos refrigerados para el manejo previo a su disposición final

Normativa Sobre la Cáscara de Huevo

Norma Técnica Colombiana NTC 1240. Establece la clasificación y los requisitos que debe cumplir el huevo de gallina fresco para consumo humano. En este caso se debe cumplir con la toma de muestras y criterios de aceptación y rechazo, con los requisitos específicos microbiológicos establecidos, que dentro de esta se destaca que debe estar libre de Salmonella (ICONTEC, 2011).

Pruebas Fisicoquímicas para la Cáscara de Huevo

A continuación, se presentan las pruebas fisicoquímicas que se tienen en cuenta para la cáscara de huevo.

Pruebas Fisicoquímicas.

Análisis de Carbonato de Calcio. El carbonato de calcio es considerado el componente mayoritario en la cascara de huevo. Una de las técnicas para la determinación de calcio que comúnmente se utiliza para determinar calcio es la de dureza total y dureza cálcica por valoración de EDTA (ácido etilendiaminotetraacético)". (Ver Anexo 2. Técnica de análisis de carbonato de calcio).

Determinación de Cenizas. La determinación del % de cenizas en seco es el método más común para determinar la cantidad total de minerales y este método se basa en la descomposición de la materia orgánica quedando solamente materia inorgánica en la muestra; el método de referencia para esta determinación es el establecido por la AOAC 940.26 (Ver Anexo 2).

Determinación de Humedad. El método para determinar el % de humedad presente en una muestra se basa en la pérdida de peso de la misma por calentamiento a través de una estufa en condiciones determinadas, refiriendo su peso al peso total de la muestra y expresada como

porcentaje; unos de los métodos que se pueden utilizar para este propósito es el establecido por la AOAC 934.06 (Ver anexo 2).

Pruebas Microbiológicas

El proposito de este estudio consiste en el analisis microbiológico según la normativa vigente de los huevos de diferentes procedencias, en este caso, se hace refrencia a los huevos comerciales y la identificación del cumplimiento de la normativa microbiologica establecida, es decir, la norma técnica colombiana 1240 de 2011 bajo el metodo de la Organización Internacional de Normalización ISO 6579 de 2002 para la detección de *Salmonella spp* (Ver Anexo 1).

Metodología de la Investigación

En este capítulo se abordará los puntos relacionados con el tipo y método de investigación, las cuatro fases que abordan recolección y análisis de información, el diseño y la socialización enfocados en los objetivos planteados importantes para la obtención del carbonato de calcio del biorresiduo (cáscara de huevo) como propósito principal del proyecto.

Línea de Investigación

El presente estudio está enmarcado en la línea de investigación Ingeniería de Procesos de Alimentos y Biomateriales.

Tipo de Investigación

Es de tipo cuantitativo, que realiza una recopilación de datos de forma estructurada inicialmente con un diagnóstico sobre el manejo de los residuos sólidos que se llevan a cabo en la producción de arepas de huevo, los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se efectúan a la cáscara de huevo, la documentación normativa y de antecedentes que faciliten encontrar el posible uso del residuo y la capacitación sobre el manejo de residuos sólidos.

Método de la Investigación

El método de esta investigación es exploratorio descriptivo, se realiza una interpretación de los aspectos observados en cuanto al manejo de residuos sólidos en particular la cáscara de huevo, para determinar el tratamiento que le dan las productoras; los análisis fisicoquímicos y microbiológicos permitieron contrastar con la literatura indagada y desglosar los posibles usos que se les puede dar a la cáscara diseñando un proceso de tratamiento y un plan de manejo de residuos contextualizado al proceso productivo de la cáscara de huevo.

Fases de la Investigación

El estudio se llevó a cabo en fases, las cuales se proponen a continuación:

Fase 1 Recolección de información

Abarca la visita a las productoras de arepas de huevo para la indagación sobre el manejo de residuos sólidos; la realización de las pruebas fisicoquímica y microbiológicas a la cáscara de huevo; documentación bibliográfica sobre usos que le han dado a la cáscara de huevo, programa de manejo de residuos sólidos y tratamiento como proceso de transformación de la cáscara de huevo.

Fase 2 Análisis de la información

Consiste en contrastar los resultados fisicoquímicos y microbiológicos con la literatura y se logra la caracterización de la cáscara de huevo, con la finalidad de diseñar un proceso de tratamiento con operaciones definidas, maquinaria, espacio, factibilidad económica. Así mismo, a partir de la documentación de la norma técnica colombiana se realiza la capacitación que hace referencia al manejo de residuos sólidos contextualizado a la arepa de huevo.

Fase 3 Diseño

Se efectuó el diseño de las operaciones unitarias del procesamiento de la cáscara de huevo, su flujograma y su estudio de factibilidad a partir de sus posibles usos, con valor agregado de la capacitación a las matronas productoras de arepas de huevo sobre el programa de residuos sólidos de la resolución 2674 de 2013 y el tratamiento de la cáscara de huevo como biorresiduo aprovechable.

Fase 4 Socialización

Es una etapa para sensibilizar a las productoras sobre la importancia que tiene el programa de manejo de residuos sólidos de la norma técnica en la resolución 2674 de 2013 para

la producción de arepa de huevo y capacitarlas sobre dar cumplimiento de la norma técnica colombiana en materia de alimentos, logrando con esto una recolección adecuada de la cáscara de huevo como insumo para el proceso de tratamiento. Así mismo la forma de recolectar las cáscaras de huevo en particular, y el respectivo flujograma.

Métodos de recolección de la información

Inicialmente se entra en contacto con las productoras con la finalidad de que expliquen el proceso de producción de arepa de huevo completo, la forma en que tratan los residuos, la comercialización, empaque entre otros. Se realizó un taller donde espontáneamente comentaban la experiencia de cada una, buscando con esto obtener información de primera mano, la cual fue registrada en documentos de Word, fotografías y videos.

Realización de pruebas fisicoquímicas, las cuales se efectuaron en Centro de valor agregado agroempresarial (CEDAGRO) SENA.

Diseño Completamente al Azar (DCA), con un arreglo factorial de 1x2:

1 repetición y 2 tiempos diferentes para cada una de las pruebas.

6 experimentos en pruebas físicas, 6 experimentos en pruebas químicas, 2 experimentos en pruebas microbiológicas.

Total, de experimentos 14, cuyos resultados se evaluarán estadísticamente en el Excel a fin de determinar las diferencias significativas entre ellos.

Tabla 2*Diseño del Experimento de Pruebas Físicas*

Pruebas Físicas	Días	Repeticiones	Total de experimentos
Cenizas	20 -10	1	2
Humedad	20 -10	1	2
Dureza Cálctica	20 -10	1	2
Total, de pruebas físicas			6

Tabla 3*Diseño de Pruebas Microbiológicas*

Pruebas Microbiológicas	Días	Repeticiones	Total de experimentos
Salmonella sp	20 - 10	2	2

Tabla 4*Diseño de Pruebas Químicas*

Pruebas Químicas	Días	Repeticiones	Total de experimentos
Carbonato de calcio (método volumétrico EDTA)	20-10	1	2

Métodos de Análisis de la Información

El método de análisis de la información sobre el manejo de residuos que usaban las productoras se efectuó por frecuencia del acontecimiento, es decir, el número de veces que indicaban el tratamiento en la población de productoras participantes.

En el método de análisis fisicoquímicos hubo comparación con la literatura indagada, confrontando los parámetros obtenidos en pruebas con los autores reseñados.

La revisión documental se realizó tomando los parámetros establecidos en las normas técnicas colombianas y la necesidad del contexto para el diseño de la capacitación sobre el manejo de residuos sólidos en particular la cáscara de huevo.

Diseño

Este se realizó tomando como base varios estudios consultados donde dan a conocer de manera experimental todas las operaciones unitarias aplicadas a la cáscara de huevo para la obtención de carbonato de calcio.

La factibilidad se determinó en base a los resultados obtenidos en las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas aplicadas a la cáscara de huevo; de acuerdo a la cantidad de cáscaras de huevos generadas en la producción diaria de arepas de huevo que a través de esta se pudo deducir matemáticamente la cantidad de equipos a utilizar y su capacidad, como también los costos mensuales según el consumo de energía eléctrica, de gas y agua, cantidad de operarios, el espacio requerido en m² para el proceso de obtención de éste importante mineral y su respectivo estudio de mercado.

Socialización

La capacitación a las productoras de arepas de huevo del municipio de Luruaco/Atlántico como método de sensibilización en la importancia del programa de manejo de residuos sólidos

generados en la producción de arepas de huevo. Estas capacitaciones se realizaron en 2 sesiones de charlas enfocadas en la identificación de los residuos generados, específicamente de la cáscara de huevo, su disposición y usos del biorresiduo; y finalmente el taller didáctico como entrenamiento para las productoras en el tratamiento de los residuos sólidos. Las capacitaciones fueron realizadas teniendo en cuenta las resoluciones 2184 de 2019 y 2674 de 2013.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el estudio. Atendiendo a los objetivos específicos del proyecto.

Caracterización de la Cáscara de Huevo

Desde el aspecto microbiológico se examinó la presencia de *Salmonella sp*: Los resultados de los análisis microbiológicos arrojan un insumo inocuo, la prueba practicada para *Salmonella sp* son: Ausencia en 25g de muestra. Los cuales están permitidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 1240 de 2011 identificando la muestra como óptima para los análisis fisicoquímicos.

Desde el aspecto fisicoquímico se emplearon varias pruebas, los resultados de los análisis fisicoquímicos arrojan que la cascara de huevo presenta en las siguientes pruebas:

Cenizas

El porcentaje de cenizas de la cáscara de huevo que se obtuvo fue de $\geq 80\%$; el procedimiento fue realizado por incineración de la muestra por 12 horas a 550°C por el método de AOAC (1995). Resultado que tiene gran diferencia con el de la literatura de Sanchez & Huanio, el cual lleva como título “determinación de la granulometría óptima del carbonato de calcio para el mejoramiento de suelos ácidos del Valle del Santa”, en donde el resultado fue de 6,5% (Sanchez & Huanio, 2017, p.90).

La diferencia en los resultados en cuanto a cenizas se dio posiblemente por un déficit o exceso de calcio en la dieta de las gallinas que según el estudio “Relación Del Nivel De Calcio En La Dieta Y Contenido De Ceniza De Cascara Como Indicador De Calidad Externa De Huevo De Ponedoras Comerciales” afecta la calidad de la cáscara de huevo (Castilla, 2021, p. 50).

Humedad

El contenido de humedad determinado en la cáscara de huevo fue de 1,09%, en el cual se aplicó una temperatura de 115°C por 3 horas de acuerdo con el método AOAC (1991). Resultado que se diferencia con el de la literatura de Sanchez & Huanio, en donde el resultado fue de 6,7% (Sanchez & Huanio, 2017, p.90). Teniendo en cuenta el resultado, la diferencia se da por la efectividad de la aplicación del tipo de secado alternativo a la cáscara de huevo, en el cual se aplicó una temperatura de 134°C por 15 minutos en autoclave (Aditya et al., 2021, p. 424); en comparación con el del estudio “determinación de la granulometría óptima del carbonato de calcio para el mejoramiento de suelos ácidos del Valle del Santa” donde el secado fue a temperatura ambiente (Sanchez & Huanio, 2017, p. 65).

Dureza Cálcica

En este análisis se pudo obtener un resultado de 813,6 mg/L; El análisis aplicado fue realizado por el método volumétrico Acido etilendiaminotetraacético (EDTA) a la cáscara de huevo. Resultado que coincide con la literatura de Sanchez & Huanio, en donde el resultado fue de 764ppm (Sanchez & Huanio, 2017, p.90).

Según las unidades de medición identificadas en estos resultados se tiene en cuenta que 1ppm equivale de igual manera a 1mg/L (Ariza, 2015, p. 113).

Dureza Total

El resultado obtenido en este análisis fue de 1487,39 mg/L, en el cual fue aplicado a la cáscara de huevo el método volumétrico EDTA. Resultado que supera el de la literatura de Sanchez & Huanio, en donde el resultado fue de 812ppm (Sanchez & Huanio, 2017, p.90).

Según las unidades de medición identificadas en estos resultados se tiene en cuenta que 1ppm equivale de igual manera a 1mg/L (Ariza, 2015, p. 113).

La no coincidencia en los resultados en cuanto a dureza cálcica y dureza total comparado con los de la literatura de Sanchez & Huanio se debe a la diferencia en calidad de los distintos lotes de cáscara de huevo, informando que la cáscara de huevo pierde su calidad por diferentes factores: Cuando las aves son de mayor edad la mineralización es menos eficiente; y cuando las condiciones de nutrición son inadecuadas pueden aparecer huevos débiles y con cáscara de delgada (Cuéllar Sáenz, 2021).

La siguiente tabla muestra un resumen de los resultados obtenidos. En cuanto a las unidades de medición, tener en cuenta que 1 mg/L equivale de igual manera a 1ppm (Ariza, 2015, p. 113).

Tabla 5

Resultados De Los Análisis Físicoquímicos Y Microbiológicos

Análisis	Método de referencia	Resultado	Unidad de Medición
Dureza total	EDTA	1487,39	mg/L
Dureza Cálcica	EDTA	813,6	mg/L
Dureza Magnésica	EDTA	673,79	mg/L
Cenizas	AOAC 940.26	≥80	%
Humedad	AOAC 934.06	1,09	%
Salmonella	NTC 4574:2007 / Recuento en placa	Ausencia	g

Nota. Los resultados fueron obtenidos en el laboratorio físicoquímico y microbiológico de alimentos. SENA regional Atlántico, Centro para el desarrollo agroecológico y agroindustrial (Ver anexo 1 y 2).

Viabilidad del Proyecto en Cuanto a la Producción del Biorresiduo

A continuación, se describen los factores estudiados para la viabilidad del proyecto producción de cáscaras de huevo. La producción de arepas de huevo en el municipio de Luruaco

es significativa, las asociadas producen alrededor de 150 arepas por unidad productiva al día, la Asociación reúne 70 mujeres, en el municipio existen 2500 puntos de venta donde producen el alimento (Arteta, 2019), para un total de insumo o biorresiduo de 375.000 unidades de cáscara de huevo. Experimentalmente se efectúa el peso de huevo y se obtiene un promedio de 53 gramos, de los cuales 2 gramos es el peso de la cáscara, obteniendo un total de 750.000 gr de cáscaras de huevo o 750 Kilogramos. Pérez et al., (2018), indica que el porcentaje de carbonato de calcio en la cáscara de huevo es del 93,6%, calculando matemática el peso total de Carbonato de Calcio es de 702.000 gramos.

En la tabla 6. Se observan los datos detallados de la factibilidad del insumo y su posible producción.

Tabla 6

Factibilidad Técnica de la Propuesta de Proyecto

Ítems	Cantidad	Fuente
Generación de cáscaras diarias en unidades en el municipio	375.000	Encuesta de caracterización a productoras
Peso del huevo	53gr.	Hallada experimentalmente
Peso de la cáscara de huevo	2gr.	Hallada experimentalmente
Peso diario del total de las cáscaras de huevo	750.000 gr.	Operación matemática: Unidades x gr de cáscara)
Porcentaje de Carbonato de Calcio	93,6%	(Pérez et al., 2018)
Peso total del Carbonato de Calcio	702.000 gr	Operación matemática de peso total de las cáscaras por 96%
Costo en el mercado de 500gr de Carbonato de calcio	\$28.900	Indagación de mercado
Costo Carbonato de Calcio total 702.000 gr	57,8 valor de un gramo \$40.575.600	Operación matemática

Nota. En la indagación de mercado se consultó los diferentes tipos de carbonato de calcio (Ver anexo 7).

En el mercado se consigue los 500 gramos de carbonato de calcio inorgánico alimenticio a \$30.900 (Mercado libre, 2022); siendo considerable el valor de la posible producción por estar asegurado el insumo (el precio del producto se consultó el día 22 de diciembre del 2022). A

continuación, se presenta la indagación del precio de diversos carbonatos de calcio (Ver tabla 7).

Tabla 7

Indagación de Mercado del Carbonato de Calcio

Nombre	Precio	Fuente
Carbonato de calcio alimenticio 500g	\$30.900	Mercado libre
Carbonato de calcio x 1kg (Grado alimenticio)	\$23.936	Mercado libre
Carbonato de calcio 50kg (No alimenticio)	\$54.145	Distribuidoraaliados.com
Carbonato de calcio 50kg (grado agrícola y pecuario)	\$15.470	agrofertas.co

Nota. Los precios indagados tienen Iva incluido.

Los equipos necesarios para el procesamiento de la cáscara de huevo y la obtención del carbonato de calcio, con miras a la constitución de una empresa que utilice el biorresiduo cáscara de huevo, son: Lavadora general de alimentos, horno de aire caliente automático, molino P22, molino de bolas, la máquina de tamizado lineal vibrante y la máquina empacadora multifunción.

La información de la siguiente tabla muestra los equipos y la cantidad necesaria para la obtención de polvo del carbonato de calcio, también indica la capacidad de estos según ficha técnica y el costo total establecido en las páginas web de venta.

Tabla 8

Factibilidad Económica (Equipos y su Capacidad)

Equipo	UND	CAP	Total	Fuente
Báscula electrónica	1	800kg/h	\$588.510	Alibaba.com
Lavadora general de Alimentos	1	1000kg/h	\$5.970.806	Citalsa.com.co
Horno de aire caliente automático	2	32 bandejas	\$69.270.250	Alibaba.com
Molino P-22 Inox Mono 220v 60hz 2hp	1	300kg/h	\$9.054.646	Citalsa.com.co
Molino de Bolas XMQQ-460*600	1	100kg/h	\$12.765.900	Alibaba.com
Máquina de Tamizado lineal vibrante ZSQ 520	1	200kg/h	\$11.398.126	Alibaba.com
Maquina Empacadora Multifunción JT-920	1	35-70 bolsas/min	\$85.920.000	Alibaba.com
Total			\$194.968.238	

Nota. Se eligió una lavadora con capacidad de una tonelada ya que la cáscara de huevo como tal en gran cantidad puede ocupar mucho espacio dentro de este equipo. La información de cada uno de los equipos se puede evidenciar en la ficha técnica de los mismos (Ver anexo 3).

En noviembre de 2022 se efectuó la factibilidad del funcionamiento de los equipos en relación con el gasto energético resultando para cada equipo y el costo día. En la tabla se determina el costo de 8 horas de gasto energético de cada equipo teniendo en cuenta el valor del kw/h (\$945,20) establecido en las tarifas de energía por la empresa AIR-E S.A.S. E.S.P. para los clientes industriales y comerciales en noviembre del 2022 (AIR-E S.A.S. E.S.P., 2022).

Tabla 9

Factibilidad Económica – Manufactura: Servicios Públicos (Electricidad)

Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Horas	Consumo día (wh/día)	kwh/día	Costo día
Báscula	1	40	8	320	0,32	\$302
Lavadora	1	2,02	8	16,16	0,01616	\$ 15
Horno	2	3000	8	48000	48	\$45.370
Molino	1	1492	8	11936	11,936	\$ 11.282
Molino de bolas (kw)	1	1,5	8		12	\$ 11.342
Máquina de tamizado (kw)	1	1,5	8		12	\$ 11.342
Máquina de empacado (kw)	1	6	8		48	\$45.370
Total día						\$125.024
Total mes						\$3.750.720

Nota. La información referida a la potencia de los equipos se puede evidenciar en la ficha técnica de los mismos (Ver anexo 3).

El horno de aire caliente automático especificado en la tabla 8, se identifica como un equipo con funcionamiento a gas; el requerimiento es de 2 equipos para poder tratar en 8 horas la cantidad de cáscara de huevo necesaria (750kg); En la tabla se determina el consumo de gas por 8 horas teniendo en cuenta el valor en m³/h que es de \$2719 según tarifas establecidas por la empresa Gases del Caribe en enero de 2023 para servicio industrial y comercial (Gases del Caribe S.A. E.S.P., 2023).

Tabla 10

Factibilidad Económica - Manufactura: Servicios Públicos (Gas)

No. De equipos	Ficha técnica	Horno kcal/h	Poder calorífico del gas natural (kcal/h)	Total consumo m ³ /h	Horas	Total m ³ /8h	Valor m ³ /h	Valor total de consumo de Gas día
2	216,04 MJ/h	60.000	9300	6,451612903	8	51,6129032	\$ 2.719	\$ 140.335,48

Nota. La información referida a las especificaciones del horno se puede evidenciar en la ficha técnica de este equipo (Ver anexo 3).

La lavadora general de alimentos, equipo especificado en la tabla 8 tiene funcionamiento eléctrico con capacidad de una tonelada por hora. En la siguiente información se determina el consumo de agua por 8 horas teniendo en cuenta las tarifas establecidas en noviembre de 2022 para la clase de servicio industrial por la empresa Triple A S.A. E.S.P. en la cual también se adiciona el cargo fijo de un día (\$377) según mencionadas tarifas (Triple A S.A. E.S.P., 2022).

Tabla 11

Factibilidad Económica - Manufactura: Servicios Públicos (Agua)

Equipo o Espacio	Capacidad	Consumo Litros/h	Valor de m3	Horas	Total
Lavadora	1000kg/h	520	\$ 5.751	8	\$ 23.924
Aseo de maquinaria			\$ 5.751	1	\$ 345
Aseo del Lugar			\$ 5.751	1	\$ 575
		Total día			\$ 24.844
		Total día + Cargo fijo día			\$ 25.221

Nota. La capacidad del equipo se puede evidenciar en su ficha técnica (ver anexo 3); se tiene en cuenta que en valor del cargo fijo mensual es de \$11.307,86 según las tarifas establecidas por la empresa Triple A S.A. E.S.P.

Tomando como base el salario mínimo legal vigente y auxilio de transporte 2023 en Colombia, en la siguiente tabla se determina el valor de 8 horas laborales de acuerdo con la cantidad de operarios requeridos para la obtención del carbonato de calcio que se extrae del bio-residuo (cáscara de huevo).

Tabla 12

Factibilidad Económica – Manufactura: Operarios

Operación unitaria	Cargo	Trabajadores	Valor/h	Valor total/8h
Recepción	Operario	2	\$5.417	\$86.666
Lavado y desinfección	Operario	1	\$5.417	\$43.333
Secado y retiro de membranas	Operario	5	\$5.417	\$216.665
Molido	Operario	2	\$5.417	\$86.666
Tamizado	Operario	1	\$5.417	\$43.333
Empacado	Operario	1	\$5.417	\$43.333
Total Remuneración – Salario Día				\$519.331

Nota. Se tiene en cuenta que valor del salario mínimo legal vigente y auxilio de transporte 2023 es de \$1.300.000 (Ministerio de trabajo, 2023).

En la siguiente tabla se muestran los costos mensuales según las factibilidades determinadas en las tablas anteriores y el costo mensual de todas estas factibilidades se determinaron multiplicando el costo total del día por los 30 días del mes.

Tabla 13

Factibilidad de Costos Mensuales

Factibilidad	Costos Total día	Total Mes
Factibilidad económica – Manufactura: servicios públicos (Electricidad)	\$125.024	\$3.750.720
Factibilidad Económica - Manufactura: Servicios públicos (Gas)	\$ 280.670,96	\$8.420.128,80
Factibilidad Económica - Manufactura: Servicios públicos (Agua)	\$ 25.221	\$756.630
Factibilidad Económica – Manufactura: Operarios	\$519.331	\$15.579.930
Costos Mensuales Totales		\$28.507.408,80

Las dimensiones del área de producción se realizó con el propósito de establecer la superficie total requerida en la planta para los equipos y operarios, en el cual se determina la superficie estática (S_s) relacionada con el espacio básico de la maquinaria en m^2 ; la superficie gravitacional (S_g) relacionada con el área en la que el operario va a tener acceso a la máquina, ya sea para operarla o para hacerle su mantenimiento, pero en m^2 ; y la superficie de evolución (S_e) referida al espacio adicional que se requiere para circulación y movimientos de materiales y servicios.

Tabla 14*Dimensiones de Área de Producción*

Etapa del proceso	Maquinaria o Equipo	Capacidad	Dimensiones		Superficie Estática (área geométrica)	N= # lados de acceso. Superficie gravitacional (Ss * N)	K= 0,1 Superficie de Evolución (Ss + Sg) * K	Superficie Total	Superficie Estática (área geométrica)
			Largo	Ancho					
Recibo	Báscula	800kg	75cm	75cm	2,97	8,91	1,188	13,068	2,97
Lavado	Lavadora	1000kg/h	223cm	103cm	6,33	12,66	1,899	20,889	6,33
Horneado	Horno Gas y eléctrico	32 bandejas (22,4kg)	220cm	196cm	18,6	74,4	9,3	102,3	18,6
Molido	Molino	300kg/h	50cm	35cm	1,94	3,88	0,582	6,402	1,94
Molido	Molino de Bolas	100kg/h	160cm	85cm	4,7	9,4	1,41	15,51	4,7
Tamizado	Máquina de Tamizado	200kg/h	200cm	50cm	4,3	8,6	1,29	14,19	4,3
Empacadora	Maquina empacadora	35-70 bolsas / minuto	160cm	170cm	7,3	21,9	2,92	32,12	7,3
Total									204,479

Nota. La información referida a la capacidad y dimensiones de los equipos se pueden evidenciar en las fichas técnicas de los mismos (Ver anexo 3).

Capacitación ASOPRAL

Se realizó la capacitación en cuanto a manejo de residuos sólidos teniendo como base la resolución 2184 de 2019 referido al código de colores establecido para el manejo de residuos sólidos dirigido a las productoras de arepas de huevo de Luruaco con el fin de garantizar la apropiada selección, recolección, almacenamiento temporal y disposición final de los residuos sólidos generados en la producción de arepas de huevo, en particular de la cáscara de huevo; y la implementación del programa de manejo de residuos sólidos.

En cuanto a los residuos generados en la producción de arepas de huevo, dentro de las capacitaciones se les dio a conocer lo siguiente:

El código de colores que establece que se deben utilizar bolsas o canecas verdes en el cual se deben depositar los residuos orgánicos aprovechables, en este caso, se hizo referencia a la cáscara de huevo como el bio-residuo que más se genera; las canecas blancas para depositar los residuos reciclables como las bolsas plásticas, anaquel de huevos vacíos, botellas pet., botellas de vidrio, envases de metal; las canecas o bolsas negras para depositar los residuos no aprovechables que dentro de estos figuran el papel o cartón impregnado de grasa, las servilletas y papel de cocina usados (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2019).

También se les capacitó en el tratamiento fácil de eficiente de la cáscara de huevo para realizar su recolección en el que se indica que éste bio-residuo se le realiza un lavado con agua y seguidamente se realiza su recolección en bolsas de plástico y posteriormente ser almacenado a 5°C hasta su tratamiento (Burga Jacobi, 2018).

Teniendo en cuenta que una parte de las mujeres que se encuentran dentro de la Asociación de Productoras de Arepas de Huevo de Luruaco (ASOPRAL) académicamente no tienen estudios, no terminaron y el resto tienen título de bachiller; dentro de las capacitaciones se

realizaron varias sesiones de charlas y talleres didácticos logrando la participación activa de estas mujeres lo cual se puede evidenciar en los registros de asistencia e imágenes fotográficas (Ver anexo 4).

Alternativa de Reúso de la Cáscara de Huevo

Con el propósito de contribuir a implementar el programa de residuos sólidos en el municipio de Luruaco/Atlántico, se han tenido en cuenta los siguientes estudios como alternativa de reúso de la cáscara de huevo tomando como base el tamaño de la partícula o tiempo de molido del biorresiduo y combinaciones con reactivos:

Para la producción de alimentos lácteos, específicamente el yogurt, se hace importante que el tamaño de partícula de carbonato de calcio en polvo sea $<45\mu\text{m}$ porque para este tipo de producto lácteo el tamaño de partícula influye en la formación de suero (Pérez et al., 2018, p. 37); Otro estudio en el que también se elabora yogurt indica que otro tamaño de partícula debe ser de 0,3nm obteniendo un producto con una composición y propiedades texturales aceptables como también sus atributos sensoriales (El-Shibiny et al., 2018, p. 41).

En la industria panadera, para la elaboración de galletas en la que el calcio obtenido de cáscaras de huevo no representa anormalidad en la producción de este alimento, es posible aplicar un tamaño de partícula de 0,5mm que se puede obtener a través de un tamiz de $150\mu\text{m}$ logrando elaborar galletas a base de calcio como producto inocuo (Ceylin, 2016, p. 3).

Para la descontaminación del agua, en este caso, se tomó la cáscara de huevo como filtro para adsorber o reducir compuestos azufrados en el agua, donde el biorresiduo es molido durante 240 y 360 minutos obteniendo resultados significativos en cuanto a la capacidad de adsorción tanto de metales pesados y colorantes orgánicos (Baláž, 2018, p. 268). Así como también otro estudio demuestra la capacidad de adsorción de la cáscara de huevo, donde éstas fueron molidas

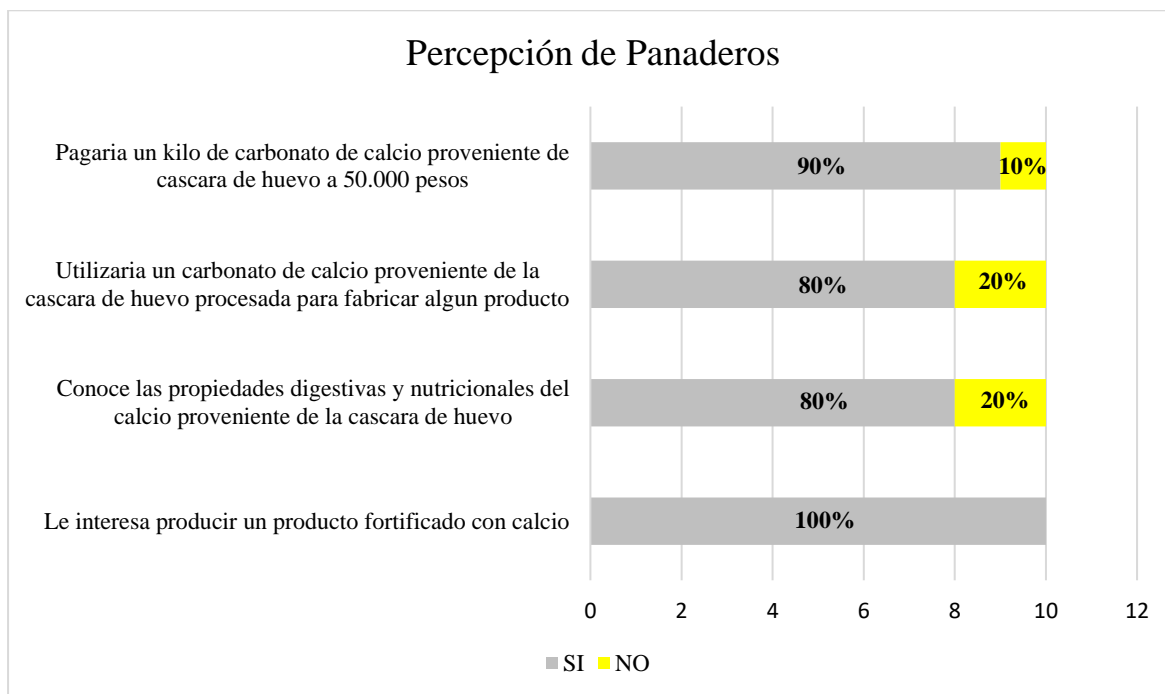
y tamizadas obteniendo un tamaño de partícula de 200 micrómetros de diámetro medio siendo empleadas para la adecuación y construcción de un modelo de filtros lineal donde en los resultados muestran una capacidad de adsorción de 62,926 mg contaminantes/filtro de 50g equivalentes a una capacidad de adsorción de máxima de 804 litros hasta completar su saturación (Revelo Vargas et al., 2019, p. 83).

Para la industria farmacéutica, un estudio demuestra la obtención calcio a partir de la cáscara de huevo. Experimentalmente, con el propósito de extraer cloruro de calcio, se pudo obtener utilizando una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 4% durante un período de extracción de tres horas, después haber realizado la hidrólisis, se eliminaron los residuos y la solución se calentó a 110–115 °C hasta que se secó; el biorresiduo fue purificado y molido mediante una mezcladora obteniendo un pulverizado en forma granular logrando obtener tabletas de suplemento de calcio (Gaonkar et al., 2016, p. 3525).

En la industria de fertilizantes la cáscara de huevo resulta ser muy importante. Para la obtención del carbonato de calcio, el biorresiduo fue molido a través de un molino convencional y seguidamente tamizado logrando obtener la granulometría óptima, es decir, partículas de 0,125mm, mejorando los suelos ácidos pasando de un pH de 5,5 a pH de 7,3 (Sanchez & Huanio, 2017, p. 99).

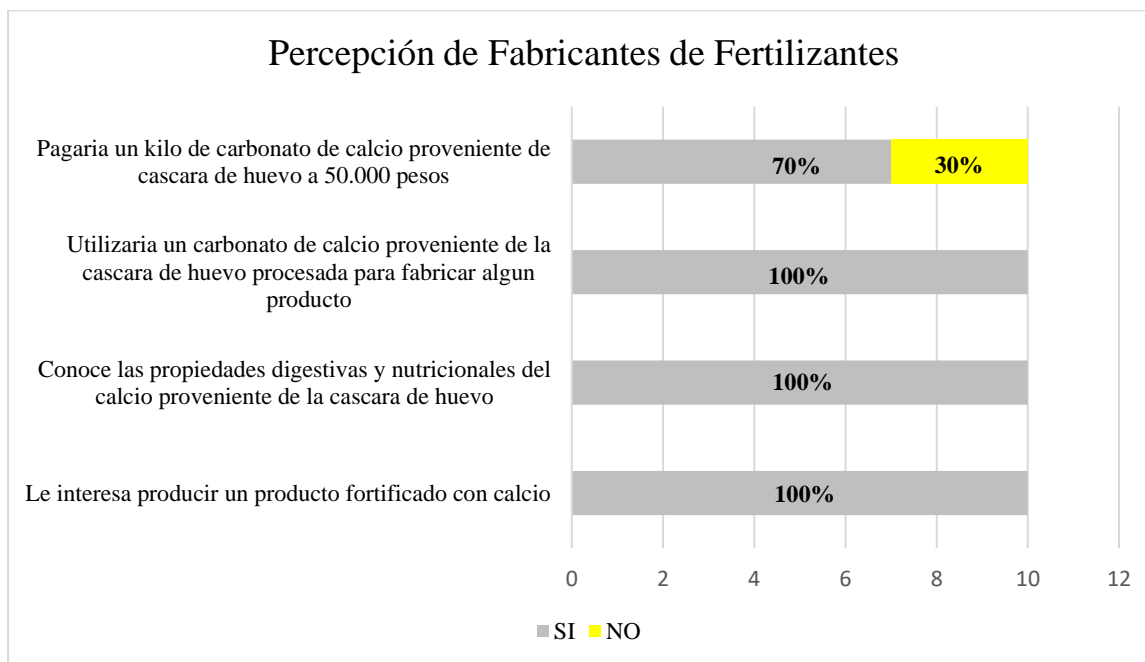
Estadísticas de Percepción de Compra del Carbonato de Calcio

A continuación, se detallan las estadísticas que hacen referencia al estudio de mercado del carbonato de calcio extraído de la cáscara de huevo, que dan a conocer la importancia según compra de este mineral por parte de fábricas de fertilizantes y empresas panaderas: Estas estadísticas fueron realizadas en colaboración de dos semilleristas del grupo de investigación Pitanza.

Figura 3*Percepción de Panaderos*

Nota. Los datos del eje horizontal representan las 10 empresas panaderas encuestadas (ver anexo 5).

Conociendo los resultados de la encuesta realizada a panaderías, la estadística refleja una alta aceptación del mineral con 100% de interés en cuanto a la elaboración de productos de panaderías fortificado con carbonato de calcio, también se muestra un 80% de percepción positiva tanto en el interés de usar el mineral en sus empresas como también en el conocimiento de las características del carbonato de calcio; solo el 10% de los encuestados está en desacuerdo con el precio del mineral, lo cual se muestra viable la producción de carbonato de calcio por los resultados obtenidos ante las empresas panaderas.

Figura 4*Percepción de Fabricantes de Fertilizantes*

Nota. Los datos del eje horizontal representan las 10 fabricantes de fertilizantes encuestados (ver anexo 6).

Los fabricantes de fertilizantes reflejan una percepción 100% positiva del mineral en cuanto a sus propiedades digestivas y nutricionales, el interés por producir fertilizantes u otros productos con carbonato de calcio extraído de la cáscara de huevo; y el 70% de los encuestados está de acuerdo en pagar el precio del kilo establecido en la encuesta. Teniendo en cuenta los resultados positivos y los mínimos negativos puede considerarse viable la producción de carbonato de calcio.

Diseño de Proceso de Tratamiento de la Cáscara de huevo

A continuación, se describen las operaciones del proceso de tratamiento de la cáscara de huevo, indicando la definición del proceso, los operarios encargados, el equipo necesario para el desarrollo de la operación, además se elabora flujograma del proceso.

Descripción del proceso

En la puesta en marcha se toma partes del proceso de los autores Ceylin et al., (2016) y Aditya et al., (2021), pero se modifican algunos pasos por resultar más eficientes.

Recepción de materia prima. Se realiza el respectivo recibo de las cáscaras de huevo, en el cual se inspecciona y selecciona la materia prima, es decir, descartando las cáscaras que presenten una apariencia inadecuada; y las que se seleccionaron en buen estado (Olor y Color blanco o marrón claro característicos de la línea genética del ave) se pesan para cuantificarlas y posteriormente proceder con el proceso de obtención de carbonato de calcio. El pesaje se realiza en basculas previamente calibradas, limpias y desinfectadas.

Lavado y desinfección. La materia prima es sumergida en un equipo de lavado y desinfección destinado para esterilizar y eliminar una posible Salmonella, en la cual se realiza una dosificación de 12 ml de hipoclorito de sodio al 5% por cada 3 litros de agua por un tiempo de 15 minutos; y para finalizar con esta operación unitaria, en el mismo equipo de lavado se realiza un desagüe de la materia prima.

Retiro de membranas y secado. Teniendo en cuenta que un día anterior de someter las cáscaras de huevo al presente proceso, estas fueron sumergidas en agua a temperatura ambiente para debilitar las fuerzas adhesivas entre la cáscara y la membrana, por lo cual, se retiraron las membranas manualmente con uso de guantes y tapabocas antes del secado en horno de aire caliente; al realizarlo experimentalmente con el método del autor, estas no salían fácilmente,

observando que las membranas quedaron adheridas a la cáscara. Luego las cáscaras de huevo se colocaron sobre bandejas dentro del horno de aire caliente a 134°C por 15 minutos para el secado de las mismas.

Molido grueso. En esta operación unitaria las cáscaras de huevos se colocan en la bandeja del molino para posteriormente ser molidas y cumplir con el objetivo de esta operación, es decir, reducir el tamaño de la materia prima.

Molido fino. El equipo utilizado para esta operación unitaria es el molino de bolas en el cual se reduce la cascara de huevo a un tamaño menor a 1 milímetro con el fin de mejorar las condiciones del producto terminado, en ese sentido, evaluar su absorción al momento de ser utilizado para fortificar alimentos u otras aplicaciones.

Tamizado. La cáscara ya pulverizada, esta es colocada sobre un tamiz dentro de la máquina de tamizado vibrante donde se utiliza un tamiz de 150 μ m; al pasar la materia prima por este tamiz, se puede obtener el tamaño de partícula deseado, es decir, 0,125mm – 0,250mm. El material que no logre pasar el tamiz se vuelve moler en el molino de bolas.

Empacado. Una vez de haber estandarizado el producto final en cuanto a tamaño de la partícula, se realiza el empaçado del mismo a través de la maquina empacadora multifuncional la cual es configurada para esta operación en cuanto a la cantidad o peso estipulado según el empaque a utilizar (de 500g hasta 20kg).

Almacenado. Después de haber empacado el carbonato de calcio, éste es situado en un lugar seco a temperatura ambiente (rango de 20°C – 25°C) y bajo buenas condiciones asépticas.

Tabla 15*Análisis de PCC del Proceso y Medidas Correctivas*

Fase del proceso	Descripción del peligro	Medidas de control	Control	Limites críticos	Procedimientos de vigilancia	Medidas correctivas
Recepción	Contaminación Física y Microbiológica (Cáscaras de huevo con coloración negra y olor fuerte no aptos)	Inspeccionar las cáscaras de huevo y rechazar las no aptas para procesar aproximadamente en un 2%; Utilizar guantes, gorros y tapabocas.	BPM POES	<2% de cáscaras con coloración y olor no aptos. <1 tonelada	Observación visual de muestras.	Rechazar Lote.
	Pesaje	Calibración periódica de Balanzas.				
Lavado y desinfección	Contaminación Física y Microbiológica. Concentración de la solución.	Lavar las cáscaras para eliminar la suciedad, no reutilizar agua, aplicar la dosificación adecuada (12ml de NaClO al 5% por cada 3l de agua), no reutilizar la solución; utilizar guantes, gorros y tapabocas.	PCC1 POES	Tiempo. La duración de la desinfección es un límite crítico. <15 minutos	Duración de la operación. Porcentaje de la concentración de la solución.	Repetición de la operación de lavado y desinfección. Rechazar Lote

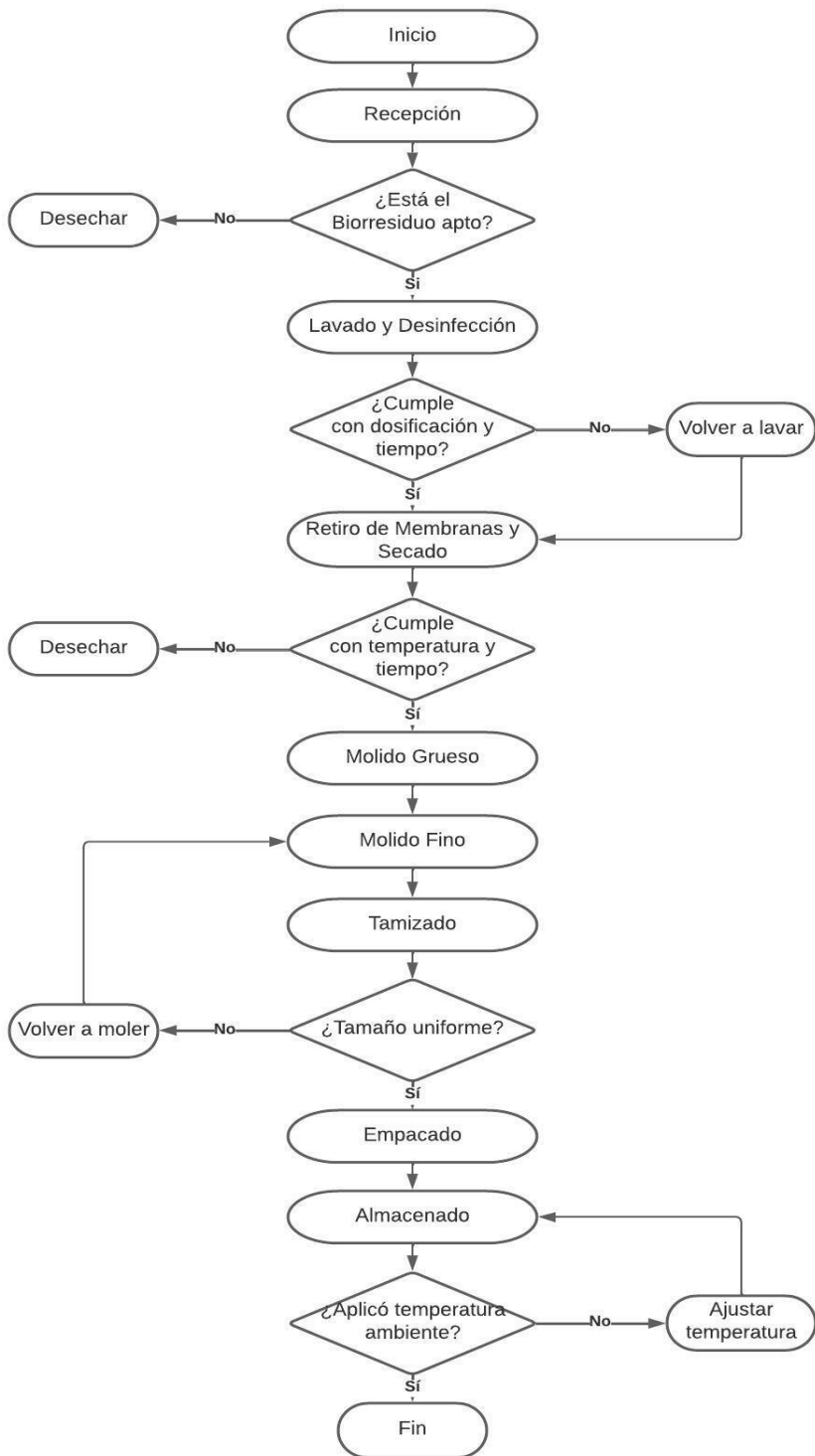
Fase del proceso	Descripción del peligro	Medidas de control	Control	Limites críticos	Procedimientos de vigilancia	Medidas correctivas
Retiro de membranas y secado	Contaminación física. Destrucción microbiológica	Aplicar buenas prácticas de manufactura, higiene y manipulación de alimentos. Secado y destrucción total de microorganismos. Control de temperatura y tiempo. Utilizar guantes, gorros y tapabocas.	BPM POES PCC2	<1% de membrana visible e impregnada en la muestra. Tiempo/temperatura adecuada.	Observación visual de procedimientos. Lectura de la temperatura y tiempo (tablero digital).	Inspeccionar el proceso.
Molido Grueso	Contaminación Física y Microbiológica.	Limpieza de equipo. Aplicar buenas prácticas de manufactura, Higiene y manipulación de alimentos. Utilizar guantes, gorros y tapabocas	BPM POES	Tamaño aceptable de muestras. Valor aceptable de muestras microbiológicas	Observación visual de procedimientos.	Inspeccionar el proceso.

Fase del proceso	Descripción del peligro	Medidas de control	Control	Limites críticos	Procedimientos de vigilancia	Medidas correctivas
Molido Fino	Contaminación Física y Microbiológica	Limpieza de equipo. Aplicar buenas prácticas de manufactura, Higiene y manipulación de alimentos. Utilizar guantes, gorros y tapabocas.	BPM POES	Tamaño aceptable de muestras. Valor aceptable de muestras microbiológicas	Observación visual de procedimientos.	Inspeccionar el proceso.
Tamizado	Contaminación Física y Microbiológica	Limpieza de equipo. Aplicar buenas prácticas de manufactura, Higiene y manipulación de alimentos. Utilizar guantes, gorros y tapabocas.	BPM POES	Tamaño aceptable de muestras. Valor aceptable de muestras microbiológicas.	Observación visual de procedimientos.	Inspeccionar el proceso.
Empacado	Contaminación Física y Microbiológica	Inspeccionar los empaques, rechazar las no aptos para la operación. Utilizar guantes, gorros y tapabocas.	BPM	0% de empaques con fisuras y contaminados físicamente.	Observación visual de procedimientos.	Rechazar Empaques.

Fase del proceso	Descripción del peligro	Medidas de control	Control	Limites críticos	Procedimientos de vigilancia	Medidas correctivas
Almacenado	Contaminación microbiológica	Control de temperatura. Rango de 20°C a 25°C	BPM PCC 3	Temperatura adecuada. $\leq 25^{\circ}\text{C}$	Lectura de temperatura. Duración de Almacenamiento.	Rechazar empaques

Figura 5

Diagrama de Flujo del Proceso Obtención de Carbonato de Calcio



Conclusiones y Discusión

Las conclusiones de este estudio se detallan a continuación:

La cáscara de huevo como biorresiduo de alto impacto ambiental debido a la mala recolección de los residuos en el municipio de Luruaco/Atlántico se sometió a caracterización para posibilitar su uso, fortalecer el programa de residuos sólidos según resoluciones 2184 de 2019 y 2476 de 2013; y reducir la problemática ambiental que viene atravesando hace muchos años.

En la caracterización se aplicaron pruebas fisicoquímicas a través del método volumétrico ácido etilendiaminotetraacético, los resultados arrojaron 1487,39 mg/L en dureza total y 813,6 mg/L en dureza cálcica. Para la determinación de cenizas se aplicó el método de referencia establecido por la AOAC 940.26 que arrojó un resultado de $\geq 80\%$ y en la determinación de humedad 1,09 % bajo el método establecido por la AOAC 934.06. considerándose como válidos para el procesamiento de la cáscara de huevo y obtener carbonato de calcio de ella.

En las pruebas microbiológicas que se aplicaron a la cáscara de huevo se encuentran los límites establecidos en la norma técnica colombiana NTC 4574 de 2007 bajo el método recuento de placa, la cual arrojó ausencia de *Salmonella* en 25g de muestra que coincide con lo que exige la normativa.

De los resultados obtenidos se afirma que las etapas que permiten el procesamiento de la cáscara del huevo según sus autores consultados son: recepción, lavado y desinfección (Ceylin et al., 2016, p. 3), retiro de membranas (Aditya et al., 2021), molido grueso y fino (Aditya et al., 2021); (Baláž, 2018), tamizado, empacado y almacenado. También el diseño El flujograma que es un elemento que facilita la comprensión de las etapas del procesamiento y permite la toma de

decisiones.

Los equipos idóneos para el proceso de obtención de carbonato de calcio son la báscula, lavadora general de alimentos, horno de aire caliente, molino P22, molino de bolas, Máquina de tamizado lineal vibrante y máquina de empacadora multifunción; estas ocupan un espacio de 204,479 m²; requieren una energía de 132,27 kwh/día; consumo de gas de 51,613 m³/8h y se requieren 520 litros/8h y 160 litros/h de agua.

La producción de cáscaras de huevo es de 375.000 unidades por día y de esta se produce una cantidad aproximada de 702 kilogramos de carbonato de calcio.

Los usos del producto final son: En la industria alimentaria para fortificar alimentos, en la industria farmacéutica como suplemento de calcio, en la industria de fertilizantes para el mejoramiento de suelos ácidos y para la descontaminación de agua como filtro para adsorber o reducir compuestos azufrados en el agua, etc.

Se logró reunir a las productoras de Arepas de huevo en el municipio de Luruaco, se trabajó con ellas, se dio una charla relacionada con el manejo de residuos generados en la producción de arepas de huevo, es ese sentido, se realizó una actividad didáctica en cuanto al manejo de estos residuos en la que se observó mucha participación, opiniones y compromiso por parte de las productoras; y finalmente se les realizó un taller relacionado con la actividad, logrando así alcanzar el objetivo propuesto.

Las productoras comprendieron el valor de la cáscara de huevo como potencial fuente de ingreso y el manejo del biorresiduo para producción limpia mediante la capacitación.

A continuación, se puede apreciar la siguiente discusión:

El diseño de las operaciones unitarias del procesamiento de la cáscara de huevo como biorresiduo y su respectivo flujograma es una solución para la industria de alimentos relacionada

con este insumo, el huevo. Su viabilidad de productividad, técnica y económica hacen que sea un plan de negocio apetecible para diversas empresas y profesionales, esto sin dejar de lado al problema ambiental que conlleva este residuo por su rápida descomposición.

Resulta una efectiva solución en el desarrollo regional del municipio de Luruaco, cuya vida económica está fundamentada en la producción de la delicia gastronómica de la arepa de huevo, siendo las matronas capacitadas para la clasificación de los residuos y el tratamiento de la conservación de la cáscara de huevo contribuyendo a una producción limpia y la generación de posibles ingresos.

Referencias

- Aditya, S., Stephen, J., & Radhakrishnan, M. (2021). Utilization of eggshell waste in calcium-fortified foods and other industrial applications: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 422–432. Sitio web: <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.06.047>
- AIR-E S.A.S. E.S.P. (2022). Tarifas - Res Creg 031 y 079/97, 119/07, 173/11, 180/14, 191/14, 036/15, 015/18, 104/20, 010/20, 012/20, 188/20, 024/2021, 078/2021, 003/2021, 214/2021, 101-002/2022, 101-027 y 101-0. In *El Nuevo Siglo*. <https://www.air-e.com/hogares/mi-factura/conoce-nuestras-tarifas>
- Ariza, D. (2015). Química General. In *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/7798/Material?sequence=1>
- Arteta, E. (2019). *Diseño e implementación de los programas planteados en el decreto 3075 de 1997 y la resolución 2674 del 2013 en productores de arepa de huevo del municipio de Luruaco*. [Pregrado]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/28114>
- Aseo Caribe S.A.S E.S.P. (2022). *Programa de Prestación del Servicio de Aseo Publico Municipio de Luruaco (Atlántico)*. <https://luruaco.aseocaribe.co/wp-content/uploads/2023/01/PPS-PROGRAMA-DE-PRESTACION-DEL-SERVICIO-DE-ASEO-PUBLICO-LURUACO-2022.pdf>
- Awogbemi, O., Inambao, F., & Onuh, E. I. (2020). Modification and characterization of chicken eggshell for possible catalytic applications. *Heliyon*, 6(10), e05283. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2020.E05283>

- Baláz, M. (2018). Ball milling of eggshell waste as a green and sustainable approach: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 256, 256–275. Sitio web: <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0001868617305237>
- Burga Jacobi, P. N. R. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales de cáscara de huevo como insumo para la elaboración de pintura látex de color [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. In *Repositorio de Tesis - UNMSM*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/8805>
- Capparelli, A. (2016). *Fisicoquímica básica*. Libros de La Universidad Nacional de la Plata.(EDULP). <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/111>
- Caracol Radio. 8 de abril (2022). *Bloqueos por falta de agua en Luruaco Atlántico Procuraduría exige a autoridades del Atlántico garantizar agua en Luruaco : Procuraduría exige a autoridades del Atlántico garantizar agua en Luruaco*. https://caracol.com.co/emisora/2022/04/08/barranquilla/1649418217_407322.html
- Castilla, R. J. (2021). *Relación del nivel de calcio en la dieta y contenido de ceniza de cáscara como indicador de calidad externa de huevo de ponedoras comerciales* [Tesis, Universidad Nacional San Luis Gonzaga] In Repositorio Institucional de la Universidad San Luis Gonzaga. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/3391>
- Castro, H. (2017). Evaluacion del efecto de la edad de la gallina, de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre la penetracion bacteriana en huevo e influencia de la aplicacion de recubrimientos de aceite sobre la calidad del huevo durante el almacenamiento. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4336/1/41388.pdf>

- Ceylin, Y., Tapia Escuela, N., Panamericana, A., & Honduras, Z. (2016). Desarrollo de galletas a base de harina de maíz (*Zea mays*) y quínoa (*Chenopodium quinoa*) con adición de cáscara de huevo en polvo. *Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana*. Sitio web: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c1749be9-9e74-439a-8f86-fd6635141cd9/content>
- Cuéllar Sáenz, J. (2021). Alteraciones en la Cáscara de Huevo, Causas y Estrategias de Prevención. *Revista de Información Veterinaria, Medicina y Zootecnia, Especializada En Los Sectores de Avicultura, Porcicultura, Rumiantes y Acuicultura*. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/alteraciones-en-la-cascara-del-huevo-causas-y-estrategias-de-prevencion/>
- El-Shibiny, S., El-Gawad, M. A. E. K. M. A., Assem, F. M., & El-Sayed, S. M. (2018). The use of nano-sized eggshell powder for calcium fortification of cow's and buffalo's milk yogurts. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 17(1), 37-49. Sitio web: <http://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.2018.0541>
- FENAVI. (2022). *Consumo Per cápita Nacional - FENAVI - Federación Nacional de Avicultores de Colombia*. <https://fenavi.org/estadisticas/consumo-per-capita-nacional-p/>
- FENAVI. (2020). *Información estadística - FENAVI - Federación Nacional de Avicultores de Colombia*. Sitio web: <https://fenavi.org/informacion-estadistica/#1538599468811-a5e210bc-8e4b>
- J. Galvis-Gonzalez. (2016). Residuos Sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución. *Revista Gestión y Región*, 2016(22), 101–118. <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/gestionyregion/article/view/149>

- Gaonkar, M., Chakraborty, A. P., & Professor, A. (2016). Application of Eggshell as Fertilizer and Calcium Supplement Tablet. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (An ISO Certified Organization)*, 3297(3), 3520–3525. <https://doi.org/10.15680/IJRSET.2016.0503183>
- García Reyes, L. E. (2017). Evaluacion del efecto de la edad de la gallina, de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre la penetracion bacteriana en huevo e influencia de la aplicacion de recubrimientos de aceite sobre la calidad del huevo durante el almacenamiento. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
Sitio web:
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4336/1/41388.pdf>
- Gases del Caribe S.A. E.S.P. (2023). Tarifas aplicables para el mes de enero 2023 a los Usuarios del Servicio Público de Gas Combustible por Redes de Tubería. In *Gases del Caribe S.A. Empresa de Servicios Públicos*. <https://gascaribe.com/wp-content/uploads/2023/01/Principal-Enero-23-2.pdf>
- Guo, Y., Sun, Y., Yang, D. P., Dai, J., Liu, Z., Chen, Y., Huang, J., & Li, Q. (2020). Biogenic Pt/CaCO₃ Nanocomposite as a Robust Catalyst toward Benzene Oxidation. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 12(2), 2469–2480.
https://doi.org/10.1021/ACSAMI.9B18490/SUPPL_FILE/AM9B18490_SI_001.PDF
- Hernández, L. H. (2017). Capitulo Dos Nutrientes presentes en alimentos. En unidad Uno. Nutrición Humana. *Nutrición y toxicología alimentaria* (33 - 78). Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/14965/250110%20Nutrici%C3%B3n%20y%20toxicolog%C3%ADa%20alimentaria.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Hussain, A. (2009). *Dielectric properties and microwave assisted separation of eggshell and membrane*. eScholarship @ McGill. Sitio web:

<https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/w0892b73w?locale=en>

Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC). (2009). *Gestión ambiental. Residuos Sólidos y guía para la separación en la fuente* (Norma técnica Colombiana GTC 24). <https://tienex.co/media/b096d37fcdee87a1f193271978cc2965.pdf>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (2011). *Industria Alimentaria. Huevos De Gallina Frescos Para Consumo: Norma Técnica Colombiana NTC 1240*. <https://docplayer.es/54870550-Norma-tecnica-colombiana-1240.html>

Instituto de Estudios del huevo. (2009). *El gran libro del Huevo*. Editorial Everest, S.A. <http://institutohuevo.com/wp-content/uploads/2017/07/EL-GRAN-LIBRO-DEL-HUEVO.pdf>

Instituto de Nutrición de Centroamerica y Panama. (s.f.). *Alimentos Fortificados*. <http://www.incap.int/index.php/es/alimentos-fortificados4>

King’Ori, A. M. (2011). A Review of the uses of poultry eggshells and shell membranes. *International Journal of Poultry Science*, 908–912. <https://www-scopus-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-84859173121&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=of+the+uses+of+eggshells+and+poultry+shell+membranas&sid=1a816ac7ea5859dbe6e4314cbc4b3a04&sot=b&sdt=b&sl=61&s=TITLE+%28>

Li, J., Zhai, D., Lv, F., Yu, Q., Ma, H., Yin, J., Yi, Z., Liu, M., Chang, J., & Wu, C. (2016).

Preparation of copper-containing bioactive glass/eggshell membrane nanocomposites for improving angiogenesis, antibacterial activity and wound healing. *Acta Biomaterialia*, 36, 254–266. <https://doi.org/10.1016/J.ACTBIO.2016.03.011>

López-Roldán, P., & Fachelli, S. (2015). Metodología De La Investigación Social Cuantitativa.

In *Bellaterra (Cerdanyola del Vallès): Dipòsit Digital de Documents, Universitat Autònoma de Barcelona* (pp. 4–41). <http://ddd.uab.cat/record/129382>

Manufacturas de precisión i3D. (s.f.). *¿Que es un prototipo?.* Impresiones i3d:

<https://impresioni3d.com/>

Martinez, M. (2022). *En Luruaco, el agua llega a ‘cuentagotas’ a sus habitantes.* El Heraldo.

<https://www.elheraldo.co/atlantico/en-luruaco-el-agua-llega-cuentagotas-sus-habitantes-896192>

Mercado libre. (s.f.). Carbonato De Calcio Alimenticio 500gr.

https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-550687424-carbonato-de-calcio-alimenticio-500-grenvio-gratis-JM#position=4&search_layout=stack&type=item&tracking_id=adc5c699-55b5-47df-9e6c-e081eec6762b

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2019). *Por el cual se modifica la resolución 668 de 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones*

(Resolución 2184 de 2019) (pp. 1–9). http://www.andi.com.co/Uploads/res._2184_-

[2019_por_la_cual_se_modifica_la_resolucion_668_de_2016_sobre_uso_racional_de_bolsas_plasticas_y_se_adoptan_otras_disposiciones_1.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/res._2184_-2019_por_la_cual_se_modifica_la_resolucion_668_de_2016_sobre_uso_racional_de_bolsas_plasticas_y_se_adoptan_otras_disposiciones_1.pdf)

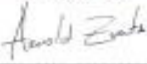

- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2021). *Reglamento Técnico sobre los Requisitos de Etiquetado Nutricional y frontal que deben Cumplir los Alimentos Envasados o Empacados para el Consumo Humano (Resolución No. 810 de 2021)* (pp. 1–50). [https://minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución No. 810de 2021.pdf](https://minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución%20No.%20810de%202021.pdf)
- Ministerio de Salud y Protección Social. (1997). *Reglamento que Regula todas las Actividades que Puedan Generar Factores de Riesgo por el Consumo de Alimentos (Decreto 3075 de 1997)*. [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO 3075 DE 1997.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO%203075%20DE%201997.pdf)
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Resolución 2674 de 2013. Requisitos Sanitarios Para la Fabricación, Procesamiento, Preparación, Envase, Almacenamiento, Transporte y Distribución de Alimentos. *Ministerio de Salud y Protección Social*, 1–37. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2674-de-2013.pdf>
- Ministerio de trabajo. (2023). *\$ 1.160.000 será el salario mínimo para 2023 y auxilio de transporte por \$ 140.606 - Ministerio del trabajo*. <https://www.mintrabajo.gov.co/prensa/comunicados/2022/diciembre/-1.160.000-será-el-salario-minimo-para-2023-y-auxilio-de-transporte-por-140.606>
- Morales, I. C., Palacios, J. P., & Victoria, J. S. (2016). Elaboración De Un Estudio De Mercado A Nivel De Factibilidad, Para Determinar La Viabilidad Del Montaje De Una Empresa Productora Y Comercializadora De Productos De Origen Vegetal, En La Sabana Centro De Bogotá. *Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito*, 1–23. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/362>

- Neira Solís, C. (2016). *Microbiota en huevos y derivados: identificación y desarrollo* [Tesis de Maestría, Universidad de Oviedo].
http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/43610/6/TFM_CarmenNeiraSolis.pdf
- Organizacion de las Naciones Unidas. (2017). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización Internacional de Normalización ISO. (2002). *Instructivo Técnico Para La Detección De Salmonella Spp. Según ISO 6579:2002(E)*.
https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/d-gf-cgp-pt-029_-_it-deteccion-salmonella-spp-iso-6579-2002-e.pdf
- Ortega-Ramírez, A. T., Marín-Maldonado, D. F., Castro, N. E., (2021). Problemas de la Generación, Disposición y Tratamiento de los Residuos Sólidos en el Municipio de Quibdó, Colombia. *Producción + Limpia*, 16(2), 179–196. Sitio web:
<https://doi.org/10.22507/PML.V16N2A9>
- Pérez, G., Guzman, J., Duran, K., Ramos, J., & Acha, V. (2018). Aprovechamiento de las cascaras de huevo en la fortificación de alimentos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación* , 16(18), 29–38. Sitio web:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872018000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Posso, A. (2020). Método de Reutilización de la Cáscara de Huevo. *Analisis Standar Pelayanan Minimal Pada Instalasi Rawat Jalan Di RSUD Kota Semarang*, 3, 103–111.
<https://repositorio.ucp.edu.co/bitstream/10785/7135/7/DDMDI146.pdf>



- Sanchez, E. J., & Huanio, L. N. (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* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional del Santa].
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2984>
- Thomas, K. (19 de junio de 2020). *¿Qué es la microbiología de alimentos?* [Archivo de video].
<https://www.youtube.com/watch?v=4NfUL5QaJ1U>
- Triple A S.A. E.S.P. (2022). *Tarifas Vigentes - Desde el 1 de Noviembre de 2022*.
<https://www.aaa.com.co/wp-content/uploads/tarifa/tarifas-bq-11-22.pdf>
- Zarta, Á. (2018, January 13). *La Sustentabilidad o Sostenibilidad: Un Concepto Poderoso para la Humanidad*. <http://www.scielo.org.co/pdf/tara/n28/1794-2489-tara-28-00409.pdf/amp/>
- ZhujiWorld. (2023). *Municipio de Luruaco, Colombia — estadísticas 2023*.
<https://es.zhujiworld.com/co/1941637-luruaco>

Apéndice

Apéndice A. Resultados de Análisis Microbiológicos

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS		SENA Regional Atlántico Centro Para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial Calle 9 No 19- 120, Sabanalarga, Atlántico- PSX (57 5) 3851285		SENNOVA Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación	
INFORME DE RESULTADOS R20230003					
DATOS DEL SOLICITANTE					
Cliente:	YOSIMAR POLO	NIT/RUT/C.C:	1043872480		
Departamento:	ATLÁNTICO	Municipio:	BARRANQUILLA		
Dirección:	Cl. 58 # 54-125	Correo:	YOSIMARPC@OUTLOOK.COM		
Contacto:	YOSIMAR POLO	Teléfono:	3014640172		
ITEM DE ESTUDIO					
Tipo de muestra:	HARINA DE CASCARA DE HUEVO	Matriz:	HUEVO		
Lote:	NO APLICA	Muestreo realizado por:	CLIENTE		
Fecha toma de muestra:	2023-03-28	Sitio toma de muestras:	ATLANTICO		
Fecha de fabricación:	NO APLICA	Fecha de vencimiento:	NO APLICA		
Motivo de análisis:	CONTROL	Fecha de recepción:	2023-03-28		
ENVASE Y ACONDICIONAMIENTO					
Envase:	BOLSA TERMOSELLADA, NO PRESENTA ANOMALÍAS				
Aspecto externo del envase:	BUENO	Aspecto interno del envase:	BUENO		
Hermeticidad:	BUENO	Refrigeración:	BUENO		
RESULTADOS					
PARÁMETROS	MÉTODO/TÉCNICA	LCM	UNIDAD	REFERENCIA CONFORMIDAD	HARINA DE CASCARA DE HUEVO MN001-2023
Salmonella	NTC 4574-2007 / Recuento en placa	No definido	/25g	-	AUSENCIA
FECHA INICIO ANÁLISIS		2023-03-31		FECHA FIN ANÁLISIS	
				2023-04-04	
Observaciones analíticas (Si aplica): NINGUNA.					
Observaciones: Se debe aclarar que el laboratorio remitente de los resultados no se encuentra acreditado para la realización de los respectivos análisis físicoquímicos y microbiológicos.					
Resultados válidos únicamente para la (s) muestras analizadas.					
Prohibida la reproducción total o parcial de esta información sin autorización previa del laboratorio físicoquímico y microbiológico de alimentos del SENA CEDAGRO.					
Emitido en Sabanalarga, Atlántico, el 2023-04-19					
Elaborado por:			Aprobado por:		
					
Arnold Zurita Visbal Responsable de gestión técnica			Patricia Torres Rojas Responsable de laboratorio		
FIN DEL REPORTE					

Apéndice B. Resultados de Análisis Físicoquímicos

	INFORME DE ENSAYO LABORATORIO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS CENTRO DE COMERCIO Y SERVICIOS- REGIONAL ATLÁNTICO	 <small>Sistema de Investigación Desarrollo Tecnológico e Innovación</small>	
Código: FO-GST-006	Fecha de emisión: 2022-08-26	Versión: 06	Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	Año	Mes	DÍA	INFORME N.º:
	2023	03	28	0071

1. INFORMACIÓN DE CONTACTO

EMPRESA /CLIENTE	YOSIMAR POLO
NIT/CC:	1043872480
DIRECCIÓN:	Cl. 58 #54-125
MUNICIPIO:	Barranquilla
DEPARTAMENTO:	Atlántico
NOMBRE DE CONTACTO:	YOSIMAR POLO
TELÉFONO:	3014640172
CORREO ELECTRÓNICO:	yosimarpc@outlook.com
COTIZACIÓN No:	0118

2. DATOS DE ANÁLISIS

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
NOMBRE DEL LABORATORIO	Laboratorio de alimentos y bebidas
DIRECCIÓN:	SENA Regional Atlántico
ÁREA DE ANÁLISIS	Físicoquímico
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	Cascara de huevo
NATURALEZA DE LA MUESTRA:	procesada
PESO O VOLUMEN:	200 g
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	2023-03-15
FECHA DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	2023- 03-27

RESULTADOS				
CÓDIGO MUESTRA	ANÁLISIS	MÉTODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD DE MEDICIÓN
188	Dureza Total	Método del cliente	1487,39	mg/L
	Dureza Cálcica	Método del cliente	813,6	mg/L
	Dureza Magnésica	Método del cliente	673,79	mg/L
	Cenizas	AOAC 940.26	≥80	%
	Humedad	AOAC 934.06	1,09	%

LABORATORIO DE ALIMENTOS Y BEBIDAS CENTRO DE COMERCIO Y SERVICIOS - REGIONAL ATLANTICO
SABANALARGA -ATLÁNTICO

Apéndice C. Ficha Técnica de la Báscula

Descripción general

Detalles rápidos

Garantía:	3 años	Soporte personalizado:	OEM, ODM, OBM, Software reingeniería
Lugar del origen:	Henan, China	Marca:	huaxin
Número de Modelo:	HX-scs-0.75*0.75	Fuente de alimentación:	220v o batería recargable
Tipo de visualización:	LCD LED	Nombre:	Digital de pesaje electrónico Escala de plataforma
Función:	Peso pantalla Impresión de Auto cero	Capacidad Max:	1/2/3 ton
Material:	De acero dulce	Certificado:	ISO CE
Tamaño del producto:	75mm * 75mm	Tipo escala:	Industrial escala
Panel de espesor:	4-6mm	La clase de precisión:	OIML III escalas estándar
		La certificación:	CE

Capacidad de suministro

Capacidad de suministro	1200 Set/s per Month
-------------------------	----------------------

Apéndice D. Ficha Técnica de Lavadora

www.citala.com


Lavadora de Inmersión con Aspersión

Vea el video de este equipo en el siguiente link:
<http://citala.com/skus/09401114>

Versatilidad para usarlo en gran variedad de productos.

Marca: CITALSA

Referencia: LIA-1

Procedencia: Colombia

Construcción: Estructura 100% Inox. (Piezas comerciales o accesorios de ensamble del equipo, que no están en contacto directo con el alimento, pueden ser en materiales diferentes).

Acabado: Tipo sandblasting.

Capacidad: Hasta 1 Ton/hora.

Función: Se utiliza para lavar frutas y hortalizas de hasta 10 cm. Utilizando para ello un tanque de inmersión con turbulencia y una ducha de aspersión plana para terminar el lavado superficial del producto.

Descripción: El equipo consta de un tanque donde se genera la turbulencia, unas duchas de aspersión plana, una bomba que provee la recirculación del agua a presión y un elevador para retirar el producto que ya ha sido lavado, además posee un tanque de recepción de agua en el cual se filtra el agua y se decantan los sólidos como arena para que no sean recirculados al equipo.

Características: Tanque con capacidad para almacenar 0.5 m³ de agua.

Para fruta y hortalizas de máximo 10cm.

Transporte del producto de forma automática.

Accionamiento por pulsador de la bomba de recirculación de agua.

Diseño simple de fácil mantenimiento.

Equipo soldado 100% con superficies interiores lisas que contribuye a la seguridad sanitaria del producto.

El equipo tiene como adicional la inclusión de un variador de velocidad para ajustar la velocidad de transporte del elevador.




○ Lavadora de Inmersión con Aspersión CITALSA

Línea Agroindustrial

EQUIPOS Y SERVICIOS DE CALIDAD

Lavadora de Inmersión con Aspersión

Ventajas:

- Lavado eficiente del producto.
- Reducción en consumo de agua durante la operación del equipo.
- Menor daño del producto y baja manipulación del mismo.
- Economía en tiempo de lavado.
- Versatilidad para usarlo en gran variedad de productos.

Controles: En una caja en acero inoxidable 304 para instalar de forma remota se encuentra el suiche de encendido general, el pulsador para el funcionamiento de la bomba de recirculación, el pulsador de encendido del elevador, el potenciómetro de ajuste de velocidad de banda (viene en el modelo con variador de velocidad), el piloto de falla y el paro de emergencia.

Dimensiones: Frente 1028 mm.
Largo 2233 mm.
Altura 1738 mm.

Peso: 250 kg.

Dispositivos de potencia: Bomba Gould (acero inoxidable).
Potencia HP 1,5 HP (1.12 kW).
Motorreductor FLENDER SC63.
Potencia 1.2 HP (0.9 Kw).

Requerimientos: Energía eléctrica trifásica a 220V.
Suministro de agua.

Nota: Las especificaciones de este equipo pueden variar sin previo aviso.

DIAGRAMA



ESTE EQUIPO CUENTA CON UN KIT DE REPUESTOS SUGERIDO PARA GARANTIZAR SU ÓPTIMO FUNCIONAMIENTO, CUENTE CON NUESTRA ASESORÍA

Línea Agroindustrial

EQUIPOS Y SERVICIOS DE CALIDAD

Apéndice E. Ficha Técnica de Horno de Aire Caliente

Detalles rápidos			
Industrias aplicables:	Planta de fabricación, Alimentos y Bebidas de la fábr...	Exposición de ubicación:	None
Video saliente de inspección:	Siempre	: Informe de prueba:	Siempre
Garantía de los componentes principales.:	1 año	Marketing tipo:	Producto ordinario
Lugar del origen:	Henan, China	Los componentes principales.:	Motor
Voltaje:	380V/50HZ	Condición:	Nuevo
Peso:	1300 KG	Marca:	OCEAN
Año:	2022	Energía (W):	3000
Clave de puntos de venta:	Alta productividad	Dimensión (L*W*H):	2200*1960*2630 mm
Usage:	Food Processing Industry	Garantía:	1 año
Keywords:	rotary oven	Product name:	Electric gas bread backing 32 tray Rotary oven for ba...
Power Source:	Diesel Oil and Electric	Type:	Fully Automatic
Color:	Silver	Raw material:	Flour Dough
		Material:	304 Stainless Steel
		Capacity:	32 Trays
		Temperature Range:	20-300°C
Capacidad de suministro			
Capacidad de suministro	500 Set/s per Month Para la masa de pizza maker		

Apéndice F. Ficha Técnica de Molino P22



Equipos y Servicios
de **Calidad**
para la Industria
de **Alimentos**

Contáctenos:
www.citalisa.com



MOLINO P22 INOX BRAHER 2HP

Vea el video de este equipo en el siguiente link:
<http://citalisa.com/skus/16801001>



PESO:
38 Kilogramos.

ESPECIFICACIONES DE INSTALACIÓN:
Únicamente se requiere conexión eléctrica a 220V.

ALIMENTACIÓN:
Eléctrica.

VOLTAJE:
220V Monofásico 60Hz.

AMPERIOS:
14 Amperios.

WATTS:
1492

VENTAJAS:
Excelente calidad de construcción, totalmente en acero inoxidable, equipo robusto para trabajo profesional.

Motor monofásico a 220V con ventilación forzada periférica, manteniendo una temperatura baja de funcionamiento.

Grupo Boca totalmente en acero inoxidable garantizando que todas las piezas en contacto con la carne son en acero inoxidable y cumpliendo con los lineamientos del decreto 1500 y 3075.

Piezas del equipo fácilmente desmontables para limpieza y mantenimiento.

MERCADOS A LOS QUE APLICA:
Carnicerías

Plantas pequeñas de producción de embutidos.

Restaurantes.

MARCA:
Braher

PROCEDENCIA:
España

FUNCIÓN:
Molino de cames totalmente fabricado en acero inoxidable, con una gran potencia por ser un equipo de 2Hp.

Se gradúa la molienda según el disco que se utilice, sirve para moler carne fina, para hacer chorizos, o para picar carne en trozos más gruesos.

Es el equipo ideal en todas las carnicerías y pequeñas plantas que buscan equipos de alta calidad y una vida útil extensa.

CAPACIDAD:
250 a 300 Kilogramos por hora.

DIMENSIONES:
Diámetro de Boca 82 mm.
Externas del equipo: 350mm Ancho x 500mm Prof. x 570mm Alto.

Apéndice G. Ficha Técnica de Molino de Bolas

Detalles rápidos			
Industrias aplicables:	Energía y Minería	Exposición de ubicación:	None
Condición:	Nuevo	Tipo:	Molino de bolas
Tipo de motor:	Motor AC	Capacidad (t/h):	150-350kg/h
Lugar del origen:	Jiangxi, China	Marca:	Gaoxuan
Dimensión (L*W*H):	1600*850*1000	Peso:	138kgs
Garantía:	1 año	Servicio Local ubicación:	None
Después de servicio de ventas se:	Video de apoyo técnico, Apoyo en línea, La instalació...	Certificación:	CE; SGS; TUV;ISO9001:2008
		After-sales Service Provided:	Engineers available to service machinery overseas
Drum size:	460*600mm	Drum Speed:	48 r/min
Feed size:	2-5mm	application:	ron ore, copper, quartz, stone, fluorite, etc
color:	customized	Installation:	Technical Guidance
Name:	Ball Mill Machine	Price:	Reasonable
Material:	Mn Steel		

Parámetro técnico							
Modelo	Unidad	XMQQ-460 * 600					
Tamaño del tambor	Mm	460*600					
Tambor de volúmenes	L	100					
De la velocidad	R/min	48					
Tamaño de alimentación	Mm	2-5					
La capacidad de	Kg	15-30					
La capacidad de	Tamaño	Mm	0,83	0,3	0,21	0,15	0.074
	De malla	De malla	20	48	65	100	200
	La capacidad de	Kg/h	350	274	130	90	45
Poder	Kw	1,5					
Tamaño de la bola	Diámetro	Mm	40	30	25	15	Total
	Peso	Kg	69	35	25	9	138
	Número	Pc	270	320	380	720	1690
	Porcentaje	%	50	25	17,8	7,2	100
Dimensiones	Mm	1600*850*1000					

Apéndice H. Ficha Técnica de Maquina de Tamizado Lineal Vibrante

Detalles rápidos			
Industrias aplicables:	Planta de fabricación, Reparación de maquinaria tien...	Exposición de ubicación:	None
Video saliente de inspección:	Siempre	: Informe de prueba:	Siempre
Garantía de los componentes principales.:	1 año	Marketing tipo:	Nuevo Producto 2020
Tipo:	Lineal	Los componentes principales.:	Motor
Lugar del origen:	Henan, China	Condición:	Nuevo
Voltaje:	110/220/240/380/415/440/460V	Uso:	De procesamiento de alimentos
Peso:	500 kg, 500 kg	Marca:	ZSQ-
Después de servicio de ventas se:	Apoyo en línea, Video de apoyo técnico	Dimensión (L*W*H):	Por orden
Diseño especial:	Disponible	Garantía:	1 año
CAPA:	1-4	Certificación:	CE BV ISO
Color:	Por orden	Servicio Local ubicación:	None
Tamiz de la zona:	Personalizado	La capacidad de:	Variable
Dimensión (L * W * H):	Por orden	Amplitud:	4mm a 6mm
		Motor:	2 vibradores
		Poder:	2*0,75-2*3,0 KW


Información de tamaño					
Modelo	ZSQ--520	ZSQ--825	ZSQ--1030	ZSQ--1255	ZSQ--1650
Área de pantalla efectiva (mm)	500*2000	800*4000	1000*3000	1200*5500	1600*5000
Tamaño de granularidad (mm)	0.074-60	0.074-60	0.074-60	0.074-60	0.074-60
Velocidad (r/min)	960	960	960	960	960
Amplitud (mm)	4-8	4-8	4-8	4-8	4-8
Cubierta	1-4	1-4	1-4	1-4	1-4
De la potencia (kw)	2 × 0,75	2 × 1,5	2 × 1,9	2 × 2,2	2 × 3,0

Apéndice I. Ficha Técnica de Máquina Empacadora Multifuncional

Modelo	JT-320	JT-420	JT-520	JT-720	JT-920
Anchura de película	120-320mm	Max.420mm	Max.520mm	Máx. 720mm	Máx. 920 MM
Longitud	50-200mm	80-300mm	80-300 MM	80-370mm	80-450mm
Bolsa de ancho	50-150mm	60-200mm	60-250 MM	60-350mm	60-450 MM
Gama de Medición de	50-500ml	150-1500ml	50-3000 ML	50-5000ML	50-10000 ML
Rollo de película Diámetro	Max.320mm	Max.420mm	Máx. 520mm	Máx. 720mm	Máx. 920mm
De embalaje Tasa de	35-70 Bag/min	35-70 Bag/min	35-70 Bag/min	35-70 Bag/min	35-70 Bag/min
Poder	220V 50/60HZ	220V 50/60HZ	220V 50/60HZ	220V 50/60HZ	220V 50/60HZ
Máquina Dimensión	970*680*1950m m	1200*1500*1700	1500*1600*1800	1600*1700*1800	1600*1700*1800
Máquina Calidad	300 kg	450 KG	500KG	600KG	800 KG

Potencia	6KW
Número de Modelo	JT-720S/920S

Apéndice J. Evidencia de lista de Asistencia a Charla


REQUERIDO DE ASISTENCIA A VENTAS, INSTITUCIONALES Y TERCEROS COMUNALES

Contexto de la línea de fuerza

I) NOMBRE DEL EVENTO	Charla de la línea de fuerza	II) FECHA DEL EVENTO	06-12-2022
III) USUARIO	Luzmila	IV) ORGANIZACIÓN	UNAD

N°	II) D. CEMENTO DE ENTIDAD	III) NOMBRE Y APELLIDO	VII) INSTITUCION	I) ESTABLECIMIENTO			II) CAJAS/OCCUPACION	I) CORREO ELECTRONICO	III) TELEFONO O EXT. DE CONTACTO
				COMERCIAL	INDUSTRIAL	TERCEROS			
1	2208266	Edgardo Castro	UNAD		X		Productora		200 666 724
2	22082419	Edy Garcia Rodriguez	UNAD		X		Productora		222 581 2664
3	22082649	Edy Garcia Rodriguez	UNAD		X		Productora		310 681 4112
4	22082649	Edy Garcia Rodriguez	UNAD		X		Productora		201 468 922
5	22082649	Susana Rojas	UNAD		X		Productora		204 553 806
6	204528459	Angela Martinez H	UNAD		X		Productora		304 225 300
7	204528459	Angela Martinez H	UNAD		X		Productora		312 922 148
8	22082710	Estelita Rodriguez	UNAD		X		Productora		222 562 3321
9	22082819	Maria Luisa Gomez	UNAD		X		Productora		224 290 7192
10	22082819	Nidia Jimenez	UNAD		X		Productora		204 64 970 12
11	22082819	Nidia Jimenez	UNAD		X		Productora		201 464 7129
12	22082819	Nidia Jimenez	UNAD		X		Productora		201 464 7129
13	22082819	Nidia Jimenez	UNAD		X		Productora		201 464 7129
14	22082819	Nidia Jimenez	UNAD		X		Productora		201 464 7129
15	22082819	Nidia Jimenez	UNAD		X		Productora		201 464 7129
16	22082819	Nidia Jimenez	UNAD		X		Productora		201 464 7129
17	22082819	Nidia Jimenez	UNAD		X		Productora		201 464 7129
18	22082819	Nidia Jimenez	UNAD		X		Productora		201 464 7129
19	22082819	Nidia Jimenez	UNAD		X		Productora		201 464 7129
20	22082819	Nidia Jimenez	UNAD		X		Productora		201 464 7129

Apéndice L. Evidencia de Asistencia a Taller y Charla



Apéndice M. Nombre de las Panaderías Encuestadas

Cantidad	Nombres	Direcciones
1	Royal express	Calle 88 con Cra 44 esquina
2	Pan Oro	Cra 43 con Calle 70 esquina
3	Panadería Panamericana	Cr 35D 76-13
4	Delimax Panadería	Cr 49C 93-40
5	El Pan Nuestro	Cr 49C 75-29
6	La Casa del Postre y el Pudín	Cr 38 Cl 63 Esq L-3
7	La Favorita	Cl 42 43-26
8	La Viña	Cl 74 38-04
9	Luiferpan	Cl 92 52B-11
10	Panadería La Esmeralda	Cl 35 19 A-06

Apéndice N. Nombre de las Empresas de Fertilizantes Encuestadas

Cantidad	Nombres	Direcciones
1	Decorplantas del Caribe	Cra. 38 #79A-119
2	Arrayanes Vivero	Cr38 84-11
3	Vivero Los Morros	Calle 72 No 38-212
4	Vivero Los Almendros	CALLE 90 CR 58 10
5	Vivero La Sierra	Cra. 64e #86-99
6	Amore Cactus	Calle 74 No 38B-106
7	Micasita	Cr 36 # 58-85
8	Jardines del Caribe	Cl. 30 #2-72
9	Jardín Del Norte	Puerto Colombia- Barranquilla #110-7, Sabanilla Montecarmelo, Barranquilla, Puerto Colombia, Atlántico, Colombia.
10	Jardín del Golf	Cra. 64 #81B-82

Apéndice Ñ. Indagación de Mercado del Carbonato de Calcio Mckenna Group



Nuevo | +100 vendidos

Carbonato De Calcio Alimenticio 500 Gr/envío Gratis 

★★★★★ (8)

MÁS VENDIDO 20º en Fertilizantes

\$ 30.900

Hasta 48 cuotas

[Más información](#)

 **Envío gratis a nivel nacional**
Martires, Bogotá D.C.
[Ver formas de entrega](#)

Stock disponible

Cantidad: **1 unidad**  (9 disponibles)

Nota. Carbonato de calcio inorgánico, alimenticio de grado farmacológico.

Apéndice O. Indagación de Mercado del Carbonato de Calcio Marca NaturalQuim



Nuevo | +50 vendidos

Carbonato De Calcio X 1 Kg 

Usp - kg a \$23936

★★★★★ (10)

\$ 23.936


en 12x \$1.995 sin interés

[Ver los medios de pago](#)

 Envío a nivel nacional
Conoce los tiempos y las formas de envío.
[Calcular cuándo llega](#)

Sabor: Natural

Stock disponible

Cantidad: 1 unidad  (6 disponibles)

Nota. Carbonato de calcio de grado alimenticio libre de gluten, de uso nutricional.

Apéndice P. Indagación de Mercado del Carbonato de Calcio Marca BM



Descripcion del carbonato de calcio Saco 40kg \$ 43.316 con el IVA incluido

CARBONATO DE CALCIO Saco 50kg \$ 54.145 con el IVA incluido

El carbonato de calcio es un compuesto químico, de fórmula CaCO_3 . Se trata de un compuesto ternario, que entra en la categoría de las oxosales. Es una sustancia muy abundante en la naturaleza, formando rocas, como componente principal, en todas partes del mundo y es el principal componente de conchas y esqueletos de muchos organismos (p.ej. moluscos, corales) o de las cáscaras de huevo. Es la causa principal del agua dura

Usos del carbonato de calcio	-
El carbonato de calcio sirve para manufactura de pintura, caucho, plástico, adhesivos, papel, dentífricos, cemento, cerámicas, cosméticos, pesticidas, insecticidas, antibióticos, agente neutralizante, aditivo para alimentos.	
Almacenamiento del carbonato de calcio	+

Nota. El carbonato de calcio granulado (malla 200); los precios fueron consultado a través de WhatsApp.

Apéndice Q. Indagación de Mercado del Carbonato de Calcio Grado Agrícola

The screenshot shows the AgriOfertas.co website interface. At the top, there is a search bar and a shopping cart icon indicating 'Su carrito está vacío..'. Below the search bar is a navigation menu with categories: MAQUINARIA AGRICOLA Y FORESTAL, INSUMOS AGRICOLAS, INSUMOS AGROPECUARIOS, IND. AGROALIMENTARIA, PRODUCTOS PARA MASCOTAS, and SERVICIOS. The breadcrumb trail reads: Inicio / INSUMOS AGROPECUARIOS / AVICULTURA / Alimento para Aves / Carbonato de Calcio. The main product is 'Carbonato de Calcio' from the supplier 'Bolivariana de Minerales'. The price is '\$15.470 Iva incluido' for a 50kg bag. There is a 'Solicita cotización' button and a WhatsApp contact link. Social sharing buttons for 'Recomendar' and 'Compartir' are also visible. A sidebar on the right shows the supplier's logo and a button to 'Click aquí para ver más de este proveedor'.

Nota. El Carbonato de calcio forma de granito #2 de grado agrícola o para nutrición animal viene en malla 20-100 con una concentración aproximada de CaO de 45 a 48%. Color varía entre gris claro, gris oscuro y blanco; los precios fueron consultado a través de WhatsApp.

Apéndice R. Resumen Analítico EDUCATIVO- RAE

Información General

Titulo Caracterización Del Bio-residuo (Cáscara de huevo) Para Posibilitar Su Uso
 Autor(es) Yosimar Polo Casiano
 Programa Ingeniería de Alimentos
 Director Bibiana del Carmen Ávila García

Número de referencias: 51

Fuente Aditya, S., Stephen, J., & Radhakrishnan, M. (2021). Utilization of eggshell
 Bibliográfica waste in calcium-fortified foods and other industrial applications: A
 review. Trends in Food Science & Technology, 115, 422–432. Sitio
 web: <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.06.047>

Arteta, E. (2019). Diseño e implementación de los programas planteados en el
 decreto 3075 de 1997 y la resolución 2674 del 2013 en productores de
 arepa de huevo del municipio de Luruaco. [Pregrado]. Universidad
 Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

<http://repository.unad.edu.co/handle/10596/28114>

Federación Nacional de Avicultores de Colombia. (FENAVI). (2020).

Información estadística: Estadísticas del sector avícola.

<https://fenavi.org/informacion-estadistica/#1538599468811-a5e210bc-8e4b>

Organización de las Naciones Unidas. (2021). Objetivos y metas de
 desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Resolución 2674 de 2013. Requisitos Sanitarios Para la Fabricación, Procesamiento, Preparación, Envase, Almacenamiento, Transporte y Distribución de Alimentos. *Ministerio de Salud y Protección Social*, 1–37.
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2674-de-2013.pdf>

Año

2023

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 (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.

Palabras Claves Cáscara de huevo, residuo, nutrientes, carbonato de calcio, producto lácteo.

Contenidos

Descripción del problema de investigación

El municipio de Luruaco, Atlántico su economía principal se basa en la producción de arepas de huevo que es considerado patrimonio gastronómico de la región, en el cual se generan aproximadamente 375.000 unidades de cáscaras de huevo por día producto del proceso de producción de la arepa, pero este residuo está ocasionando problemas ambientales en los lugares donde son desechados (campos abiertos, montes abandonados y vertederos) por el mal manejo de los residuos sólidos por parte de las productoras. Teniendo en cuenta esto, se ha encontrado en ciertos que el biorresiduo a sido utilizado en ciertas en muchas aplicaciones.

Partiendo de lo descrito anteriormente, mediante el proceso de investigación al problema que se presenta, surge la siguiente pregunta:

¿Cómo caracterizar la cáscara de huevo para posibilitar el uso de este bio-residuo del proceso de producción de arepa de huevo en Luruaco, Atlántico?

Objetivos

General

Caracterizar la cáscara de huevo para posibilitar el uso de este residuo del proceso de producción de arepa de huevo de Luruaco, Atlántico.

Específicos

Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente la cáscara de huevo mediante pruebas analíticas.

Diseñar las operaciones unitarias y el flujograma del procesamiento de la cáscara de huevo como una opción para el aprovechamiento de este biorresiduo.

Realizar estudio de factibilidad del procesamiento de la cáscara de huevo como residuo para aprovechamiento de este bio-residuo.

Fortalecer las capacidades técnicas de las productoras mediante capacitaciones para que tengan la posibilidad de la implementación del programa de manejo de residuos sólidos en particular la cáscara de huevo y generación de ingresos a las productoras.

Metodología

Tipo de investigación: Es de tipo cuantitativo, que realiza una recopilación de datos de forma estructurada inicialmente con un diagnóstico sobre el manejo de los residuos sólidos que se llevan a cabo en la producción de arepas de huevo, los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se efectúan a la cáscara de huevo, la documentación normativa y de antecedentes que faciliten encontrar el posible uso del residuo y la capacitación sobre el manejo de residuos sólidos.

Línea de investigación: Ingeniería de procesos de alimentos y biomateriales.

Instrumentos de Recolección de datos: Indagación sobre el manejo de residuos sólidos a través de visita a las productoras, realización de pruebas fisicoquímicas y microbiológicas, documentación bibliográfica sobre usos que le han dado a la cáscara de huevo, programa de manejo de residuos sólidos y tratamiento como proceso de transformación de la cáscara de huevo.

Métodos de análisis de la información: En el manejo de residuos que usaban las productoras se efectuó por frecuencia del acontecimiento, es decir, el número de veces que indicaban el tratamiento en la población de productoras participantes. En los análisis fisicoquímicos hubo comparación con la literatura indagada, confrontando los parámetros obtenidos en pruebas con los autores reseñados. La revisión documental se realizó tomando los parámetros establecidos en las normas técnicas colombianas y la necesidad del contexto para el diseño de la capacitación sobre el manejo de residuos sólidos en particular la cáscara de huevo.

Este estudio se realizó en tres fases: Fase de diagnóstico en la cual se realizaron las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas. Las primeras son: El porcentaje de cenizas de la cáscara de huevo el procedimiento fue realizado por incineración de la muestra por 12 horas a 550°C por el método de AOAC (1995). El contenido de humedad determinado en la cáscara de huevo de acuerdo con el método AOAC (1991). Dureza cálcica, el análisis aplicado fue realizado por el método volumétrico Acido etilendiaminotetraacético (EDTA) a la cáscara de huevo. Dureza total este análisis fue aplicado a la cáscara de huevo el método volumétrico EDTA. En cuanto a la microbiológicas se empleó el Método Horizontal para el recuento de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 30°C según NTC 4519. La fase de Análisis, se identifica el carbonato de calcio como componente principal de la cáscara de

huevo, nutriente vital que posibilita el procesamiento de la cascara de huevo mediante una revisión documental y creación de diseño de operaciones unitarias contextualizadas al biorresiduo y el diagrama de flujo.

Referentes Teóricos

La cascara de huevo es una biocerámica compuesta de una fase orgánica y otra inorgánica. Químicamente contiene 1,6% de agua, 95,1% de minerales de los cuales 93,6% corresponden a carbonato de calcio en forma de calcita, 0,8% de carbonato de magnesio y 0,73% de fosfato tricálcico y finalmente 3,3% de materia orgánica (Pérez et al., 2018). El carbonato de calcio lo podemos encontrar en la capa cristalina que representa la mayor parte de la estructura de la cascara. Los requisitos microbiológicos de la cascara de huevo emitidos por la Norma Técnica Colombiana 1240 (ICONTEC, 2011). La *Salmonella spp* es un microorganismo patógeno que causa infecciones intestinales y que es capaz de desarrollarse cuando hay abusos de temperatura (15 a 20 °C); es una bacteria omnipresente y resistente que puede sobrevivir varias semanas en un ambiente seco y varios meses en agua; y el parámetro negativo.

El tratamiento de la cáscara para obtener micropolvos de la cascara de huevo, primeramente, se hace necesario realizar un lavado para esterilizarlas y eliminar una posible *Salmonella*; para esto, las cascara de huevo deben lavarse con agua e hipoclorito antes de hervirlas en agua durante 30 min (3 litros de agua con 12 ml de hipoclorito de sodio al 5%) (Ceylin et al., 2016). El siguiente es paso consiste en un calentamiento de por microondas con el objetivo de separar la cascara de huevo y membranas de la misma (Hussain, 2009), la separación se basa en la diferencia entre el contenido de humedad de la membrana y la cascara de huevo, entonces, debido a esta diferencia la membrana de la cascara de huevo tiende a absorber un mayor número de ondas electromagnéticas (EMW) en la frecuencia de 926 MHz - 1520 MHz en comparación con la cascara de huevo (Aditya et al., 2021); la diferencia de absorbancia conduce en última instancia a diferentes velocidades de calentamiento de la membrana y la cáscara del huevo. Una vez que alcanza una temperatura específica (20°C - 100°C), la membrana de la cáscara del huevo comienza a expandirse. Esto se desencadena principalmente por el calentamiento diferencial de la membrana y la cáscara. La expansión de la membrana de la cáscara de huevo debilitará las fuerzas adhesivas que unen la membrana y la cáscara. Esto ayuda a separar la membrana de la cáscara del huevo, que luego se puede separar

manualmente con facilidad (Hussain, 2009). Las cascaras deben ser secadas antes de molerlas, este secado se puede realizar en bandejas de aluminio formando una capa de 1cm, se introducen en un horno de convección a 60°C por 20 horas (Ceylin et al., 2016). Las cascaras de huevo pueden ser transformadas a micropolvos por molienda seguido de un tamizado y finalmente ser empacadas y almacenadas a temperatura ambiente.

La Normativa sobre Manejo de residuos Sólidos, está fundamentada en.

Resolución 2184 de 2019, emitida por el Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible, en la cual se modifican los indicadores para reducir el porcentaje de bolsas vendidas al año, ordenando a los distribuidores de bolsas plásticas incorporar dichos indicadores en el reporte anual con respecto a la cantidad de bolsas vendidas; y el cual debe ser entregado a la autoridad. También, esta resolución ordena la adopción de un código de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente en todo el territorio nacional, colocando el Color verde para depositar los residuos orgánicos aprovechables, Color blanco para depositar los residuos aprovechables como plástico, vidrio, metales, multicapa, papel y cartón y Color negro para depositar los residuos no aprovechables.

Resolución 2674 de 2013, que establece los requisitos que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos y los requisitos para la notificación, permiso o registro sanitario de los alimentos, según el riesgo en salud pública con el fin de proteger la vida y salud de las personas. Indicando las condiciones básicas de higiene en la fabricación de alimentos realizar la disposición de los residuos líquidos y sólidos: el manejo de residuos líquidos dentro del establecimiento debe realizarse de manera que impida la contaminación del alimento o de las superficies de potencial contacto con éste.

Norma técnica colombiana NTC 1240. Establece la clasificación y los requisitos que debe cumplir el huevo de gallina fresco para consumo humano. En este caso se debe cumplir con la toma de muestras y criterios de aceptación y rechazo, con los requisitos específicos microbiológicos establecidos, que dentro de esta se destaca que debe estar libre de *Salmonella* (ICONTEC, 2011).

Referentes Conceptuales

Cáscara: Es la cubierta exterior del huevo y su importancia radica en su función de barrera ante bacterias. La resistencia de esta depende del metabolismo mineral del ave, pero también de la genética, el estado sanitario y la temperatura del ambiente (Instituto de Estudios del huevo, 2009).

Huevo: Es un alimento de origen animal con importantes propiedades nutricionales y tecnológicas, en este caso, hace referencia al huevo de gallina, el cual se forma a partir de un ovulo o yema que se recubre de material nutritivo y de protección (clara y cáscara) antes de la puesta (Neira Solís, 2016).

Bio-residuo: Materia inservible biodegradable que resulta de la descomposición o destrucción de algo sólido o líquido; o que quedan de una producción agropecuaria o proceso industrial (Galvis González, 2016).

Nutrientes: Son los que se requieren en grandes cantidades para suministrar energía metabólica al cuerpo humano; y en pequeñas dosis para procesos tanto metabólicos como bioquímicos desempeñando importantes funciones catalizadoras, entre los cuales tenemos: proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales (Hernández, 2017).

Minerales: Son sustancias inorgánicas necesarias para los procesos fisiológicos y que no son fuente de energía, por lo cual, es fundamental para la conservación de los seres vivos ya que influye en la actividad de distintas células (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2021).

Estudio Físicoquímico: Se refiere a desarrollar, interpretar y aplicar las modernas técnicas para determinar la estructura y las propiedades de la materia, de tal manera que a través de los resultados obtenidos en las técnicas aplicadas podamos dar explicación a ciertos fenómenos (reacciones, cambio de energía en los procesos, etc.) (Capparelli, 2016).

Estudio Microbiológico: Este concierne al estudio de los microorganismos y sus actividades, que para lo cual se deben aplicar métodos especificados en normativas con el fin de comprender las actividades perjudiciales y beneficiosas de los microorganismos; y en ese sentido, buscar la forma de aumentar los beneficios y reducir los daños (Thomas, 2020, 13s).

Prototipo: Es la representación limitada de un producto que permite crear las bases de la idea que se ejecutará, con el cual podremos ver las fallas para poder realizar los cambios

pertinentes para llegar a un producto final (Manufacturas de precisión i3D, s.f., párrafo segundo).

Alimento fortificado: Es aquel que contiene uno de sus nutrientes en mayor cantidad y puede ser un nutriente que lo contenga naturalmente o que se le haya añadido externamente para complementar la composición nutricional de ese alimento, es decir, que se le puede añadir cierto nutriente para prevenir posibles déficits generales o añadirlo porque durante la elaboración se ha eliminado (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, 2015).

Buenas Prácticas de Manufactura: Son los principios básicos y prácticas generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de los alimentos para el consumo humano, con el objeto de garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos inherentes a la producción (Ministerio de Salud y protección social, 1997).

Carbonato de calcio (CaCO₃): Es un compuesto químico ternario, es decir, formado por tres elementos distintos: Calcio, Carbono y Oxígeno; es muy abundante en la naturaleza ya que es el componente principal de algunas rocas y también de los esqueletos, valvas y ciertos organismos como los corales y conchas, también la cáscara de huevo (Sanchez & Huanio, 2017).

Sostenibilidad: Es asumir que la naturaleza y el medio ambiente no son una fuente inagotable de recursos siendo necesario su protección y uso racional, es decir, que la sostenibilidad es promover el desarrollo social buscando la cohesión entre comunidades y culturas para alcanzar niveles satisfactorios en la calidad de vida, sanidad y educación; pero también es promover el desarrollo económico en el que se va generar riqueza equitativa para todos sin dañar el medio ambiente (Zarta, 2018).

Recolección: Es la acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores efectuada por la entidad prestadora de servicio (Instituto colombiano de normas técnicas y certificación, 2009).

Separación en la fuente: Es clasificación de los residuos en el sitio de generación para su posterior manejo (Instituto colombiano de normas técnicas y certificación, 2009).

Tratamiento: Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización, aprovechamiento o ambos para minimizar los impactos ambientales y los riesgos

para la salud humana (Instituto colombiano de normas técnicas y certificación, 2009).

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.
