



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA**
UNAN - MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, MATAGALPA

CUR – MATAGALPA

Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud

TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Tema:

Evaluación de la viabilidad técnica del carbonato de calcio como suplemento alimenticio,
obtenido de la cascara de huevo de gallina generada por la industria panadera, San Ramon –
Matagalpa, primer semestre 2025.

Autores:

Br. Hellmon Rodolfo Pérez Ortega (20608773)

Br. Jesús Rafael García Zelaya (20608486)

Tutor:

MSc. Indra Elizabeth Martínez Pon

Matagalpa, junio 2025

¡Universidad del Pueblo y para el pueblo!



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA**
UNAN - MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, MATAGALPA

CUR – MATAGALPA

Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud

TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Tema:

Evaluación de la viabilidad técnica del carbonato de calcio como suplemento alimenticio, obtenido de la cascara de huevo de gallina generada por la industria panadera, San Ramon – Matagalpa, primer semestre 2025.

Autores:

Br. Hellmon Rodolfo Pérez Ortega (20608773)

Br. Jesús Rafael García Zelaya (20608486)

Tutor:

MSc. Indra Elizabeth Martínez Pon

Matagalpa, junio 2025

¡Universidad del Pueblo y para el pueblo

Dedicatoria

A Dios por darnos la vida, la salud y por permitirnos llegar a este momento tan significativo en nuestra formación académica. Él nos ha brindado la fortaleza necesaria para seguir adelante en la búsqueda de metas

Dedicamos este logro a nuestros queridos padres, quienes han sido el mayor apoyo y fuente de inspiración. Pues con su amor incondicional, esfuerzo y sacrificio, nos han enseñado el valor de la perseverancia y la dedicación. Gracias por creer en nosotros en todo momento y por estar siempre en cada paso de este camino.

A nuestra familia, pilar fundamental de apoyo incondicional a lo largo de toda la vida, y especialmente durante esta exigente carrera profesional. Gracias por siempre creer en nosotros y confiar en nuestra capacidad para alcanzar las metas que nos proponemos.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios, porque sin él, nada de esto hubiera sido posible; y a todas las personas que formaron parte de este proyecto

A nuestros padres, por sus sacrificios, por enseñarnos la importancia del esfuerzo y la perseverancia, y por darnos la oportunidad de llegar tan lejos. Este logro es tan suyo como nuestro.

Agradecemos de forma especial a nuestra querida y apreciada tutora de tesis MSc. Indra Elizabeth Martínez Pon, por su empeño y dedicación, gracias por impulsarnos a hacer las cosas cada vez mejor. Agradecemos profundamente su apoyo, profesionalismo y por la claridad con la que siempre nos orientó durante todo este proceso, su paciencia y dedicación han sido fundamentales para poder llevar a cabo esta tesis.

Agradecemos a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN Managua - CUR Matagalpa, por brindarnos la oportunidad de formar parte de esta institución de prestigio, que ha sido un pilar fundamental en nuestro desarrollo académico y personal. Agradecemos profundamente a los profesores, cuyo apoyo y dedicación ha sido clave para el éxito de nuestra formación, especialmente a los maestros que validaron nuestro tema, MSc Hjalmar Ubeda y MSc Dionisia Rodríguez. Además, valoramos la calidad de enseñanza y los recursos que la universidad ha puesto a disposición, permitiéndonos crecer en un entorno académico desafiante y enriquecedor.

Carta Aval



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA**
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, MATAGALPA

CUR - MATAGALPA

Por medio de la presente en carácter de tutora doy por valorada la monografía titulada “Evaluación de la viabilidad técnica y la calidad del carbonato de calcio como suplemento alimenticio, obtenido de la cascara de huevo de gallina generada por la industria panadera, San Ramon – Matagalpa, primer semestre 2025.”, realizada por el Br. Hellmon Rodolfo Pérez Ortega, Carné N°20608773 y el Br. Jesús Rafael García Zelaya, Carné N°20608486, ya que cumple con las normas metodológicas establecidas por la UNAN Managua para optar al título de Ingeniero Agroindustrial. Dicho trabajo es de gran importancia porque da a conocer la viabilidad técnica y calidad del carbonato de calcio, determinando su generación promedio y diseñando detalladamente el proceso de extracción utilizado y verificado sus propiedades mediante análisis físico-químicos y microbiológicos del material; de manera que este estudio ayuda a vincular los aprendizajes de los estudiantes con su campo de acción.

Dado en la ciudad de Matagalpa, 13 de mayo del año dos mil veinticinco.

MSc. Indra Elizabeth Martínez Pon

Tutora

Resumen

Esta tesis aborda la evaluación de la viabilidad técnica y la cantidad carbonato de calcio como suplemento alimenticio, obtenido de la cáscara de huevo de gallina generado por la industria panadera, San Ramón – Matagalpa, primer semestre de 2025. La investigación se centró en la generación promedio de cáscaras de huevo por panaderías locales y el desarrollo del complemento alimenticio de carbonato cálcico a partir de este material. Se describió en detalle el proceso de extracción utilizado para la obtención de CaCO_3 y se realizaron análisis físico-químicos y microbiológicos para garantizar la inocuidad del producto final y su idoneidad para el consumo humano. Además, se utilizaron métodos de recolección de datos como entrevistas y guías de observación, cuyos resultados se analizaron con el software Microsoft Excel. Finalmente, se confirmó que el producto obtenido estaba libre de patógenos y es seguro para el consumo.

Palabras claves. Viabilidad, carbonato de calcio, suplemento alimenticio, pruebas.

Índice de Ilustración

Ilustración 1. Datos Nutricionales de la Yema	12
Ilustración 2. Estructura de la Cáscara de Huevo.	13
Ilustración 3. Potencial de Hidrógeno (pH)	27
Ilustración 4. Macro Localización de San Ramón, Matagalpa	52

Índice de Anexos

Anexo 1	100
Anexo 2	103
Anexo 3	105
Anexo 4	106
Anexo 5	106
Anexo 6	107
Anexo 7	107
Anexo 8	108
Anexo 9	108
Anexo 10	109
Anexo 11	109
Anexo 12	110
Anexo 13	110
Anexo 14	111
Anexo 15	112
Anexo 16	113
Anexo 17	114
Anexo 18	115
Anexo 19	115
Anexo 20	116

Índice

CAPITULO I	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación	5
1.4. Objetivos	7
1.4.1. Objetivo General:.....	7
1.4.2. Objetivos Específicos:	7
CAPITULO II.....	8
2.1. Marco Referencial	8
2.1.1. Antecedentes	8
2.2. Marco teórico	10
2.2.1. Huevo de Gallina	10
2.2.2. Clara.....	11
2.2.3. Yema	12
2.2.4. Cáscara de Huevo	12
2.2.4.1. Estructura de la Cáscara de Huevo	13
2.2.5. Origen del Huevo.....	14
2.2.5.1. Huevos de Gallina de Campo o Huevos Criollos	14
2.2.5.2. Huevos de Gallina Criada en Jaula	15
2.2.6. Industria Panadera.....	16
2.2.7. Proceso Productivo en la Industria de la Panadería, Repostería y Pastelería	16
2.2.8. Uso del Huevo en la Industria Panadera	17
2.2.9. Control de Calidad en la Industria Panadera.....	18
2.2.10. Función del Huevo en la Repostería, Panadería y Pastelería.....	19

2.2.10.1.	Cantidad de Huevos de Gallina Utilizados por las Industrias Panaderas	20
2.2.11.	Manejo o Gestión de Residuos Sólidos	20
2.2.12.	Manejo de la Cáscara de Huevo de Gallina	21
2.2.12.1.	Recepción.....	21
2.2.12.1.1.	Desinfección de la Cáscara de Huevo	21
2.2.12.2.	Tratamiento Térmico.....	22
2.2.12.3.	Deshidratación	22
2.2.12.4.	Pulverización.....	23
2.2.12.5.	Tratamiento UV	24
2.2.12.6.	Encapsulado	25
2.2.12.7.	Envasado	26
2.2.12.8.	Etiquetado	26
2.2.12.9.	Pruebas Fisicoquímicas.....	27
2.2.12.9.1.	Potencial de Hidrógeno (pH).....	27
2.2.12.9.2.	Grados Brix.....	28
2.2.12.9.3.	Humedad.....	29
2.2.12.9.4.	Pureza	29
2.2.12.9.5.	Reactivos Usados en la Determinación de Pureza.....	30
2.2.12.9.6.	Solubilidad.....	34
2.2.12.9.7.	Color	35
2.2.12.9.8.	Olor y Sabor.....	35
2.2.13.	Uso en la Industria	36
2.2.13.1.	Pinturas Industriales.....	36
2.2.13.2.	Compost	37
2.2.13.3.	Industria Alimenticia.....	37

a. Suplemento alimenticio.	38
2.2.13.4. Industria Farmacéutica.....	39
2.2.13.4.1. Calcio	40
2.2.14. Microorganismos Presentes en la Cáscara de Huevo	41
2.2.14.1. Salmonella.....	41
2.2.14.2. E.Coli	42
2.2.14.3. Campylobacter	43
2.2.14.4. Mohos	44
2.2.14.5. Coliformes totales	45
2.2.14.6. Estaphilococcus Aureus	45
2.3. Marco Legal	47
2.3.1. Ley Nº. 423. Ley General de Salud	47
Arto 60: Control y Regulación Sanitaria	47
2.3.2. Ley Nº. 292. Ley de Medicamentos y Farmacias	47
Arto 20.	47
Arto 26.	47
Arto 53.	48
2.3.3. Codex Alimentarius	48
2.3.4. Norma Técnica Ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no-peligrosos - NTON 05 014-02.....	49
2.3.5. Reglamento Técnico Centroamericano – RTCA 67.01.33:06 (BPM, Principios Generales).....	50
2.4. Preguntas directrices	51
CAPITULO III	52
3.1. Diseño Metodológico	52
3.2. Macro Localización.....	52

3.3. Micro Localización	53
3.4. Caracterización de la Zona.....	53
3.5. Investigación científica	53
3.6. Enfoque Cuantitativo Mixto.....	54
3.7. Investigación Aplicada.....	54
3.9. Cobertura Transversal	55
3.10. Nivel Descriptivo	55
3.11. Universo	56
3.12. Población.....	56
3.13. Muestra (por Conveniencia).....	57
3.14. Métodos.....	57
3.15. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	57
3.15.1. Técnicas Cuantitativas de Recolección de Datos	58
Instrumento	58
Frecuencia	58
3.15.2. Técnicas Cualitativas de Recolección de Datos	58
Instrumento	58
Descripción del Proceso.....	58
3.15.2.1. Pruebas Fisicoquímicas y Microbiológicas	58
Físico-Químicas	58
Microbiológicas:	59
3.16. Plan de Análisis.....	59
3.17. Validación de los Instrumentos.....	60
CAPITULO IV	62
4.1. Análisis y Discusión de Resultados.	62

4.1.1. Cantidad de Cáscaras Producidas por la Industria Panadera – San Ramón, Matagalpa.	62
4.1.1.1. Análisis de Herramientas.	71
4.1.2. Proceso de Elaboración de Carbonato de Calcio a Base de Cáscaras de Huevo de Gallina.	74
4.1.2.1. Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración de Carbonato de Calcio a Base de Cáscaras de Huevo de Gallina.	74
4.1.2.2. Descripción del Proceso.	75
4.1.2.2.1. Recolección de Materia Prima.	75
4.1.2.2.2. Transporte de Materia Prima.	75
4.1.2.2.3. Recepción de Materia Prima.	76
4.1.2.2.4. Limpieza y Lavado.	76
4.1.2.2.4. Tratamiento Térmico.	76
4.1.2.2.5. Secado y Determinación de la Humedad por Gravimetría.	77
4.1.2.2.6. Trituración.	77
4.1.2.2.7. Horneado.	78
4.1.2.2.8. Molienda fina – pulverización.	78
4.1.2.2.9. Tratamiento UV.	79
4.1.2.2.10. Determinación de parámetros Fisicoquímicos.	79
4.1.2.2.11. Análisis microbiológicos.	79
4.1.2.2.12. Envasado y encapsulado.	80
4.1.2.2.13. Etiquetado.	80
4.1.2.2.14. Almacenamiento de PT.	81
4.1.3. Resultados de Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del Carbonato de Calcio Obtenido de las Cáscaras de Huevo.	82
4.1.3.1. Análisis Físico-Químicos.	82

4.1.3.1.1. Potencial de Hidrógeno (pH).....	82
4.1.3.1.2. Porcentaje de Humedad	83
4.1.3.1.2. Grados Brix.....	84
4.1.3.1.4. Pureza.....	84
4.1.3.2. Análisis Microbiológicos.	86
4.1.3.2.1. Conteo de Bacterias y Coliformes – Presencia de Hongos y Levaduras.	86
CAPITULO V	87
5.1. Conclusiones	87
5.2. Recomendaciones.....	88
5.3. Bibliografía.....	90
5.4. Anexos.....	99

Índice de Tablas

Tabla 1.	10
Tabla 2.	62
Tabla 3.	64
Tabla 4.	67
Tabla 5.	68
Tabla 6.	82
Tabla 7.	83
Tabla 8.	84
Tabla 9.	85

Índice de Gráficos

Gráfico 1. 73

Gráfico 2. 74

CAPITULO I

1.1. Introducción

La industria panadera en el municipio de San Ramón, ubicado en el departamento de Matagalpa, Nicaragua, desempeña un rol fundamental en la economía local, proporcionando productos esenciales de panadería para la comunidad y generando empleos directos e indirectos. Esta actividad, al igual que muchas otras dentro del sector agroindustrial, genera una considerable cantidad de residuos. Entre los más destacados se encuentran las cáscaras de huevo de gallina, que se utilizan en la elaboración de productos como panes, pasteles y otros alimentos. Sin embargo, estos residuos, a menudo descartados sin ningún tipo de aprovechamiento, representan una carga ambiental y una oportunidad perdida para la valorización de recursos.

En este contexto, la cáscara de huevo de gallina se presenta como un subproducto de gran potencial, ya que, si se procesa adecuadamente, puede convertirse en una fuente rica de carbonato de calcio (CaCO_3), un compuesto químico ampliamente utilizado en diversas aplicaciones industriales y alimenticias. De hecho, el carbonato de calcio derivado de la cáscara de huevo tiene propiedades que lo convierten en un suplemento nutricional valioso, especialmente por su alta biodisponibilidad y bajo costo de producción. Este mineral, esencial para el desarrollo óseo y la función metabólica humana, se presenta como una opción accesible y eficaz para complementar la dieta, especialmente en regiones con deficiencias de calcio.

Esta tesis, se enmarca en la línea de investigación de la UNAN Managua sobre tecnologías aplicadas a procesos productivos (IIC-1.3), que abarca la producción, las cadenas de suministro, el diseño y la gestión de procesos orientados a la optimización de metodologías y tecnologías en el ámbito productivo. Su objetivo principal es evaluar la viabilidad técnica y la calidad del

carbonato de calcio (CaCO_3) obtenido a partir de la cáscara de huevo de la industria panadera en San Ramón, Matagalpa, para su uso como suplemento alimenticio durante el primer semestre de 2025. Para ello, se desarrollarán diversas actividades, incluyendo la cuantificación de los residuos generados, la extracción del carbonato de calcio a partir de las cáscaras y la evaluación del producto final mediante análisis físico-químicos y microbiológicos. Este enfoque no solo busca reducir el impacto ambiental de los desechos de la industria panadera, sino también fomentar un modelo de aprovechamiento sostenible que beneficie a la comunidad local y contribuya a la diversificación productiva en la región.

La tesis cobra especial importancia en el marco de la agroindustria del país, pues se alinea con los esfuerzos de Nicaragua por promover el desarrollo de sectores productivos sostenibles y la economía. La agroindustria en Nicaragua enfrenta grandes desafíos relacionados con el manejo de residuos y la diversificación de productos, y este tipo de investigaciones contribuye a generar soluciones innovadoras y de bajo costo. A través de la valorización de subproductos como las cáscaras de huevo, se abren nuevas oportunidades para la industria panadera, que podría incorporar procesos más sostenibles y competitivos, al mismo tiempo que mejora su rentabilidad.

Asimismo, esta investigación tiene una estrecha relación con los esfuerzos del gobierno nicaragüense por impulsar el desarrollo económico del país a través de políticas de lucha contra la pobreza y la promoción de la economía creativa. En el contexto del Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza, que incluye estrategias esenciales para transformar la economía nicaragüense, esta iniciativa se alinea con la meta de fomentar la innovación y la tecnología en los sectores productivos, como es el caso de la agroindustria. El estudio también refuerza la política de desarrollo de la economía creativa, un enfoque que busca generar productos y servicios

innovadores, favoreciendo la interacción entre el sector industrial y los avances tecnológicos, lo que podría derivar en la creación de nuevos mercados y productos con alto valor agregado.

La tesis se estructura en cinco capítulos que abordan de manera integral el estudio realizado. El Capítulo I contiene la introducción, donde se expone el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y el alcance del estudio. En el Capítulo II se desarrolla el marco teórico, presentando los fundamentos conceptuales, antecedentes y bases científicas que sustentan la investigación y preguntas directrices. El Capítulo III describe la metodología empleada, detallando el diseño de la investigación y las técnicas de recolección de datos. En el Capítulo IV se presentan y analizan los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto. Finalmente, el Capítulo V incluye las conclusiones derivadas del estudio y una serie de recomendaciones orientadas a mejorar y dar continuidad a la investigación.

1.2.Planteamiento del problema

El huevo es un ingrediente esencial en la industria panadera debido a sus propiedades funcionales, tales como aportar estructura, sabor y color a los productos horneados. Sin embargo, este uso masivo genera un residuo significativo: la cáscara de huevo de gallina. Aunque este subproducto tiene un alto contenido de carbonato de calcio (CaCO_3), su destino comúnmente es el desecho, lo que representa una problemática ambiental. Según Burga Jacobi (2018), "la cáscara de huevo es considerada un residuo agroindustrial que genera un impacto negativo en el medio ambiente, ocasionado por el crecimiento de la industria de ovoproductos y por una mala gestión de residuos". En este contexto, la industria panadera del municipio de San Ramón, Matagalpa, no está exenta de esta situación.

En los últimos años, la actividad panadera en San Ramón, Matagalpa, ha mostrado un crecimiento considerable, lo que ha incrementado la cantidad de cáscaras de huevo generadas como residuo sólido. A pesar de ser perfectamente manejables y tener un alto potencial de aprovechamiento, estas cáscaras no son procesadas ni reutilizadas, perpetuando una cadena de contaminación y desperdicio. Este residuo, si se gestiona adecuadamente, podría transformarse en productos de alto valor agregado, como un suplemento alimenticio rico en calcio. Esto no solo contribuiría a mitigar los impactos negativos de los residuos sobre el medio ambiente, sino que también podría representar una solución innovadora a problemas como la deficiencia de calcio en la población.

La falta de iniciativas para aprovechar la cáscara de huevo plantea una oportunidad de desarrollo tanto en términos de sostenibilidad como de salud pública. El calcio, mineral esencial para el fortalecimiento de huesos y dientes, es uno de los nutrientes más importantes en la dieta, especialmente en grupos vulnerables como niños, mujeres embarazadas y adultos mayores. Evaluar de la viabilidad técnica y calidad del carbonato de calcio obtenido de las cascaras de huevo de gallina como suplemento para consumo humano podría ser una respuesta innovadora y económicamente factible para abordar estas problemáticas.

Debido a lo planteado anteriormente, se realiza la siguiente interrogante:

¿Cuál es la viabilidad técnica del carbonato de calcio como suplemento alimenticio, obtenido de la cáscara de huevo de gallina generada por la industria panadera, en San Ramón, Matagalpa, durante el primer semestre de 2025?

1.3. Justificación

La creciente generación de residuos agroindustriales plantea desafíos ambientales y sociales que requieren soluciones innovadoras y sostenibles. Entre estos residuos se encuentra la cáscara de huevo de gallina, que se destaca por su alto contenido de carbonato de calcio (CaCO_3), un compuesto esencial para diversas aplicaciones. A pesar de su potencial, este subproducto sigue siendo desechado de manera inadecuada, contribuyendo a la acumulación de desechos sólidos y al impacto ambiental negativo. Esta problemática es evidente en la industria panadera del municipio de San Ramón, Matagalpa, donde el manejo ineficiente de las cáscaras de huevo representa una oportunidad desaprovechada.

Evaluar la viabilidad técnica del carbonato de calcio extraído de la cascara de huevo de gallina para su uso como suplemento alimenticio responde a múltiples necesidades. Desde un enfoque ambiental, promueve la gestión sostenible de los residuos, buscando reducir el desperdicio y maximizar el aprovechamiento de los recursos. Esto contribuye a mitigar los efectos nocivos de la acumulación de residuos sólidos y apoya el desarrollo de prácticas más sostenibles en la agroindustria local.

En términos de salud pública, esta iniciativa se justifica por la relevancia del calcio en la alimentación humana. Este mineral es esencial para la formación y mantenimiento de huesos y dientes, así como para la coagulación sanguínea y la función muscular. Sin embargo, la deficiencia de calcio es común en la dieta de muchas poblaciones, especialmente en grupos vulnerables como niños, mujeres embarazadas y adultos mayores. Al transformar las cáscaras de huevo de gallina en un suplemento alimenticio, se podría contribuir significativamente a mejorar la calidad nutricional de la población en el municipio.

Desde una perspectiva económica, esta tesis monográfica ofrece beneficios tanto para la industria panadera como para otros sectores locales. Para los panaderos, reducir los desechos significa minimizar los costos relacionados con su manejo. Además, el desarrollo de un producto a partir de este subproducto puede generar nuevas fuentes de ingreso, impulsando el desarrollo económico local.

Esta tesis, además, contribuye al cumplimiento de objetivos globales de desarrollo sostenible, como el manejo responsable de los recursos naturales, la promoción de la salud y el bienestar, así como el impulso a la innovación y el desarrollo agroindustrial sostenible. Su relevancia radica en que combina la resolución de una problemática local con un impacto positivo en los ámbitos social, ambiental y económico.

Por último, esta investigación es de vital importancia, ya que beneficia a los autores al enriquecer sus conocimientos sobre el aprovechamiento y la adición de valor a productos infravalorados. Además, sirve como base científica y metodológica para futuras generaciones interesadas en dar seguimiento a este tipo de investigación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General:

Evaluar la viabilidad técnica del carbonato de calcio (CaCO_3) obtenido a partir de la cáscara de huevo de la industria panadera en San Ramón, Matagalpa, para su uso como suplemento alimenticio durante el primer semestre de 2025.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Determinar la generación promedio de cascara de huevo de gallina en la industria panadera del municipio de San Ramón, Matagalpa, para establecer la disponibilidad de materia prima.
- Diseñar el proceso de extracción de carbonato de calcio a partir de la cascara de huevo de gallina, incluyendo etapas de limpieza, secado, molienda y tratamiento térmico.
- Caracterizar el carbonato de calcio (CaCO_3) obtenido de las cascara de huevo de gallina generadas por la industria panadera mediante análisis físico-químicos y microbiológicos.

CAPITULO II

2.1. Marco Referencial

2.1.1. Antecedentes

Casiano, (2022) en su tesis titulada Caracterización del bio-residuo (cáscara de huevo) para posibilitar su uso, con el objetivo general de caracterizar la cáscara de huevo para posibilitar el uso de este residuo del proceso de producción de arepa de huevo de Luruaco, Atlántico, en Colombia, indica en su conclusión que el manejo de la cáscara 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 el 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 documentos que posibilitan el tratamiento del biorresiduo y su comercialización, así como la factibilidad del montaje de este, según el estudio económico realizado.

Cuizano Alvaron, (2023) en su tesis titulada Obtención de carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo, presenta su objetivo sobre obtener carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo de los residuos generados del comedor universitario de la UNJFSC – Huacho. En su conclusión, señala que el tamaño al que se tritura la materia prima (cáscara de huevo) influye significativamente en la solubilidad. Esto indica que, si el tamaño de las partículas de la materia prima es grande, la liberación del calcio se dará lentamente ante la acción del ácido clorhídrico.

Pérez et al, (2018) en la tesis presentada en Bolivia titulada Aprovechamiento de las cáscaras de huevo en la fortificación de alimentos, donde el objetivo es presentar los resultados de la obtención de un yogurt funcional, fortificado con micropolvos de cáscara de huevo. En su conclusión, indican que los micropolvos obtenidos a partir de la cáscara de huevo contienen 36.7 g de calcio, 388 mg de magnesio y 99.8 mg de fósforo por cada 100 g de micropolvos (ITA),

constituyéndose en un suplemento alimenticio muy importante para solucionar las deficiencias de calcio de otros alimentos, además de ser un alimento inocuo al no contener salmonella.

Castañeda & Etechina (2020) en su tesis titulada *Alternativa ecoeficiente para el aprovechamiento de cáscara de huevo, residuo derivado de la industria de ovoproductos*, tiene como objetivo principal hallar una alternativa ecoeficiente para el uso de la cáscara de huevo, obtenida como descarte durante la producción de ovoproductos. Para ello, se diseñó un proceso para aislar CaCO_3 mediante la separación física de la corteza de la membrana proteica adherida a ésta. Finalmente, llegan a la conclusión de que el método diseñado resultó ser económico y ecoeficiente para la remoción de la membrana de la corteza cálcica, alcanzándose un rendimiento de proceso aceptable y una muy buena eficiencia de extracción. El CaCO_3 obtenido a partir de la molienda de la corteza demostró estar muy cerca de los límites fijados por el CAA, lo cual resulta ser muy prometedor y requiere seguir indagando en técnicas de purificación.

Catalan Monroy, (2020) en su tesis titulada Desarrollo de tortilla de harina de maíz (*Zea mays*) nixtamalizada fortificada con calcio a partir de cáscaras de huevo, tiene como objetivo general mostrar el proceso de formulación y elaboración de una tortilla de harina de maíz nixtamalizada con adición de polvo de cáscara de huevo, con el fin de obtener un alimento fortificado que represente una alternativa a los problemas de malnutrición y deficiencias de calcio en la población hondureña, específicamente en la comunidad de El Jicarito, Municipio de San Antonio de Oriente. Los datos obtenidos en el análisis determinaron la ausencia de *Salmonella spp.* en 25 g de muestra. Estos resultados indican el cumplimiento de lo establecido en el Reglamento Técnico Centroamericano (2009), el cual establece la ausencia del patógeno en 25 g del alimento. La temperatura máxima a la cual sobrevive la *Salmonella* es de 46 °C, y para su eliminación se debe aplicar temperaturas mayores a 70 °C o temperaturas de cocción (Elika, 2019).

Los resultados obtenidos indican que las temperaturas aplicadas en el proceso de obtención del polvo de la cáscara de huevo fueron óptimas y eliminaron el patógeno.

2.2. Marco teórico

2.2.1. *Huevo de Gallina*

El huevo de gallina es un alimento de origen animal con muchas propiedades nutricionales y culinarias. Se caracteriza por su calidad nutritiva, ser una proteína de bajo costo y un ingrediente muy habitual en la alimentación humana. Es una de las principales fuentes de nutrición humana por su aporte de proteínas y grasas de calidad, vitaminas, minerales y carotenoides. (Comite Nacional Olimpico de Costa Rica, 2023)

El huevo de gallina es un alimento de origen animal que ofrece una gran cantidad de beneficios nutricionales y tiene múltiples aplicaciones en la cocina. Se destaca por ser una fuente de proteínas de alta calidad a un costo accesible, lo que lo convierte en un ingrediente común y frecuente en la dieta humana. Además, es un alimento clave en la nutrición debido a su contenido de proteínas, grasas saludables, vitaminas, minerales y carotenoides, compuestos beneficiosos para la salud.

Tabla 1.

Datos Nutricionales del Huevo

	Huevo		Yema		Huevo Completo
Vitaminas por 100 g	completo	Yema	Azucarada	Salada	Salado
Niacina (mg)	0.075	0.024	0.023	0.040	0.077
Riboflavina (mg)	0.457	0.528	0.530	0.430	0.443
B12 (mg)	0.890	1.950	1.770	2.520	1.210

Ácido Pantoténico

(mg)	1.533	2.990	3.200	3.230	1.260
Vitamina A - UI	540	1442	1315	1190	497.0
Tiamina (mg)	0.040	0.179	0.135	0.130	0.060
B6 (mg)	0.170	0.350	0.284	0.261	0.226
Folato (mcg)	47	146	139	107	69.00
Vitamina E (mg)	1.050	2.580	N/A	N/A	0.800
Vitamina D - IU	82	218	N/A	N/A	61.00
Luteína + Zeaxantina					
(mcg)	503	1094	N/A	N/A	417.00

Nota: La imagen muestra los beneficios nutricionales que contiene el huevo de gallina. Fuente: (FENAVI.org, 2015)

2.2.2. Clara

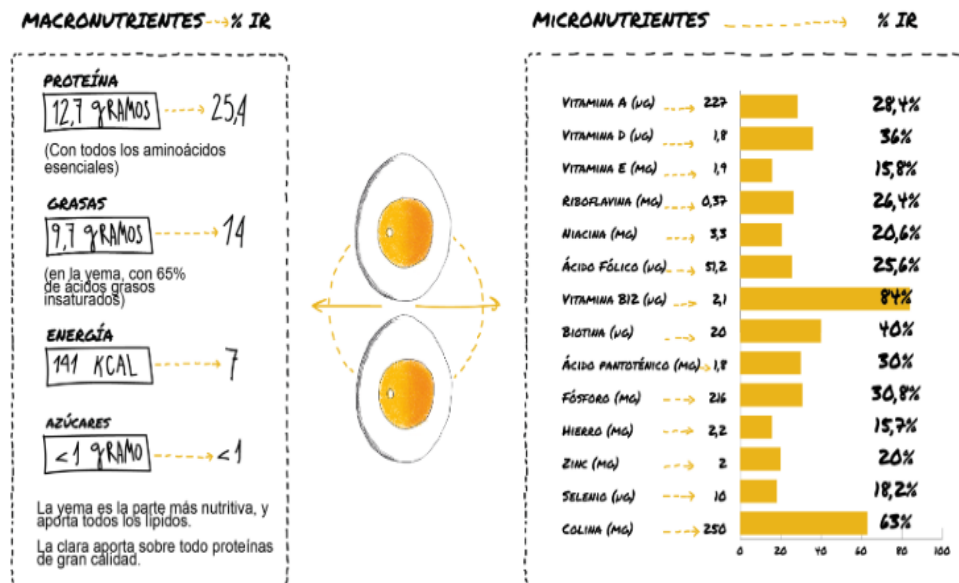
La clara de huevo es uno de los alimentos más reconocidos por su aporte y calidad de proteínas, siendo usada ampliamente cuando buscamos ganar masa muscular, pues se trata de un alimento que es pura proteína, pero, además, es importante que sepamos que puede ofrecer otros nutrientes buenos para el organismo. (Gottao, 2013)

La clara de huevo es ampliamente valorada por su alto contenido y calidad de proteínas, lo que la convierte en un alimento ideal para aquellas personas que buscan aumentar su masa muscular. Esto se debe a que la clara de huevo está compuesta casi en su totalidad por proteínas de alto valor biológico. Sin embargo, además de ser una excelente fuente de proteínas, es importante reconocer que también aporta otros nutrientes beneficiosos para el organismo, que contribuyen a la salud en general.

2.2.3. Yema

Este pequeño, pero nutritivo componente del huevo se convierte en una fuente significativa de energía, grasas saludables y proteínas esenciales, que pueden complementar una dieta equilibrada. Según (FITIA, s.f.) 1 unidad (15 g) de Huevo - Yema contiene 48 calorías (kcal), 4.0 g grasas, 0.5 g carbohidratos y 2.4 g proteínas.

Ilustración 1. Datos Nutricionales de la Yema



Nota: La imagen muestra el porcentaje de macronutrientes y micronutrientes de la yema de huevo de gallina.

Fuente: (Huevo, 2023)

A pesar de su alto contenido graso, la yema es una excelente fuente de vitaminas esenciales. Además, aporta hierro, un mineral importante para la formación de glóbulos rojos y el transporte de oxígeno en la sangre. Su consumo puede ser adecuado en una dieta equilibrada, especialmente si se busca un aporte de nutrientes esenciales, aunque debe consumirse con moderación si se controla la ingesta calórica o de grasas.

2.2.4. Cáscara de Huevo

Alrededor del 94-95 % de la cáscara de huevo seca está compuesta por carbonato de calcio (CaCO_3) y pesa entre 5.5 y 6.0 g (0.19- 0.21 oz). (Chang, 2020).

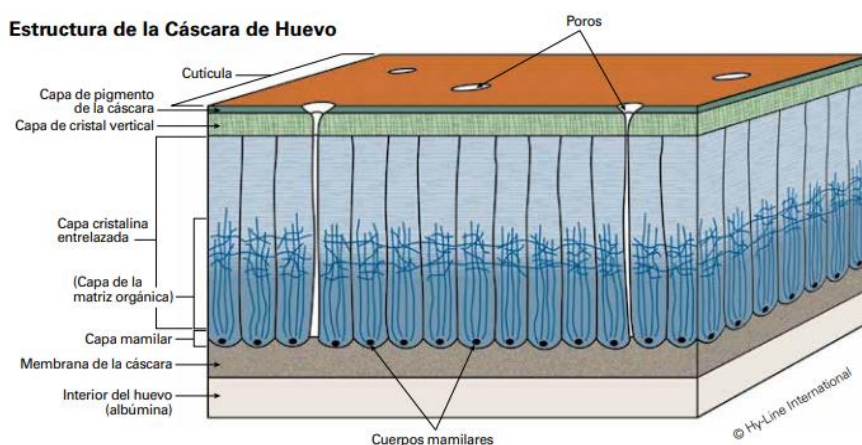
“Una cascara de huevo está compuesta de carbonato de calcio, que también es el principal ingrediente en algunos antiácidos. Cada cascara de huevo de tamaño mediano tiene alrededor de 750 a 800 miligramos de calcio.” (Saludable. site, 2024)

2.2.4.1. Estructura de la Cáscara de Huevo

Es importante conocer la estructura del huevo para comprender cómo debe ser manipulado. De este modo podemos garantizar la máxima calidad y seguridad de este alimento. El huevo está diseñado por la naturaleza como una estructura idónea para proteger y alimentar al embrión. Éste se desarrolla a partir de un huevo fertilizado, crece durante el período de incubación y da lugar a un pollito, que nace con la eclosión del huevo. (Instituto de Estudios del Huevo, 2023)

Es fundamental entender la estructura del huevo para saber cómo debe ser manipulado correctamente, asegurando así que se mantenga seguro y de alta calidad. El huevo, en su diseño natural, cumple una función esencial: es una estructura protectora y nutritiva para el embrión que se desarrolla en su interior.

Ilustración 2. Estructura de la Cáscara de Huevo.



Nota: La imagen muestra cómo se encuentra estructurada la cascara de huevo. Fuente: (Hy-Line, Boletín Técnico, 2018)

2.2.5. Origen del Huevo

2.2.5.1. Huevos de Gallina de Campo o Huevos Criollos

Gallinas ponedoras, (2024) afirma que los huevos de campo provienen de granjas pequeñas, generalmente gallineros de patio con gallinas de distintas razas y edades, lo que hace que no sean rebaños homogéneos. Estos huevos no se clasifican por peso, y las gallinas se alimentan de todo tipo de alimentos, desde restos de comida de la casa y pienso industrialmente elaborado, hasta lo que consumen al pastar libremente en el suelo.

Estos huevos son 100% orgánicos, producidos por gallinas que viven en campos libres. En este caso, no se aplican ningún tipo de químicos ni hormonas a los animales, y su alimentación es orgánica. (Gallinas y más, 2024)

La cita de Gallinas Ponedoras (2024) Describe un modelo de producción de huevos que se aleja de las prácticas industriales y se acerca a un enfoque más tradicional. Además, la afirmación de Gallinas y Más (2024) destaca que los huevos son completamente orgánicos, lo que implica que se han producido en condiciones que cumplen con los estándares de la agricultura orgánica. El término '100% orgánicos' sugiere que tanto las gallinas como su alimentación están libres de productos químicos, pesticidas y hormonas, lo que refleja una producción más respetuosa con el medio ambiente y más natural.

De acuerdo con lo anteriormente citado, en la elaboración del carbonato de calcio no se utilizará este tipo de cáscara de huevo, puesto que las panaderías y reposterías de San Ramón, Matagalpa, no hacen uso de esta, ya que sus principales proveedores son productores de huevo de gallina criada en jaula.

2.2.5.2.Huevos de Gallina Criada en Jaula

Gallinas ponedoras, (2024) argumenta que estos huevos provienen del tipo de explotación más eficiente e intensiva en cantidad de animales por metro cuadrado. El problema es que se preocupa muy poco por la calidad de vida de los animales. Las gallinas pasan su vida entera sin ver la luz del sol, en baterías de jaulas de hasta tres pisos. La gallina pasa a ser parte de una gran máquina de producción de huevos.

Este tipo de huevos, provienen de gallinas que crecen 100% en jaulas, alimentadas solo con pienso, sin posibilidad de deambular por espacios libres, ni desarrollar actividad física. (Gallinas y más, 2024)

Las citas anteriores describen un modelo de producción intensiva de huevos, en el cual se prioriza la eficiencia y la cantidad de animales por metro cuadrado. Aunque este sistema es rentable en términos de producción masiva, se critica severamente por la falta de consideración hacia el bienestar de las gallinas. Las aves viven en condiciones extremas, confinadas en jaulas de múltiples niveles, sin acceso a luz natural, lo que refleja un trato mecanicista y deshumanizado hacia los animales.

A pesar de las críticas hacia este tipo de huevo, los estudios realizados indican que, en general, la cáscara de huevo contiene entre un 94 % y un 98 % de su peso total en calcio, lo que implica que la diferencia entre un tipo de huevo y otro es mínima. Aunque los procesos para producir este huevo no sean los mejores desde el punto de vista humano, el objetivo es producir un huevo que esté al alcance de los consumidores. En este caso, los clientes potenciales son las panaderías y las reposterías, entre otros.

2.2.6. *Industria Panadera*

Se refiere al sector dedicado a la producción y comercialización de productos de panadería. Esta industria abarca desde pequeñas panaderías artesanales hasta grandes empresas de producción en masa. En la industria panificadora, se utilizan una variedad de equipos y maquinarias especializadas para la elaboración de pan, pasteles, galletas y otros productos horneados. (Eide.net, 2024)

De acuerdo con la cita anterior se puede apreciar el amplio espectro que abarca la industria panificadora, desde los negocios tradicionales y artesanales hasta las grandes compañías que operan con altos volúmenes de producción. Más allá de solo elaborar pan, esta industria se caracteriza por su diversidad de productos horneados y por el uso de tecnología especializada, lo que refleja su grado de tecnificación y evolución.

Por tanto, se puede identificar una oportunidad concreta para aplicar los principios de sostenibilidad y economía circular dentro de la industria panificadora. Dado su alto grado de producción y el uso constante de insumos como el huevo, especialmente en productos como pasteles y galletas, esta industria genera una gran cantidad de cáscaras de huevo como desecho sólido. En lugar de ser desechadas, estas cáscaras pueden ser reaprovechadas como materia prima para la elaboración de suplementos alimenticios ricos en calcio, dada su alta concentración de este mineral.

2.2.7. *Proceso Productivo en la Industria de la Panadería, Repostería y Pastelería*

El proceso productivo en la elaboración de panadería, pastelería y repostería es, en esencia, bastante similar al de la producción de pan. Se detallan las etapas que lo forman brevemente a continuación:

- Almacenamiento de las materias primas: Estas son principalmente harina, huevos, azúcar, aceite de girasol y manteca de cerdo.
- Procesado de la masa: dependiendo de si se trata de masa u hoja, pasarán por una artesa de amasado o directamente a la mesa de trabajo.
- Hornos: donde se cocina la masa previamente amasada o cortada, según el proceso.
- Terminación del producto: dependiendo del mismo, puede ser necesario volver a manipularlo para introducirle natas, cremas, etc.
- Almacenamiento en cámaras de frío y distribución: Dependiendo nuevamente del producto, estos pueden ser temporalmente almacenados en las cámaras de frío o puestos a disposición de los encargados de su transporte y distribución a los distintos puntos de consumo.

2.2.8. Uso del Huevo en la Industria Panadera

Los huevos suelen ser los favoritos a la hora de pensar en un buen desayuno, podemos prepararlos de muchas maneras. Pero todo esto cambia cuando se trata de usarlo para preparar alimentos horneados, principalmente en la panadería y repostería, pues pasan de ser un ingrediente fácil de cocinar a un ingrediente de gran importancia para dar estructura, textura y sabor. (Soco, 2015)

El huevo es un alimento de muy fácil preparación. Sin embargo, a pesar de ser un alimento tan simple, el huevo es uno de los principales ingredientes al momento de elaborar productos horneados como pan, pasteles, galletas, entre otros, ya que les otorgan cualidades particulares.

En la vida cotidiana, los ovoproductos como el huevo se utilizan de manera muy frecuente, incluso cuando no se consumen de forma directa, puesto que forman parte de los ingredientes de muchos otros productos, como el pan.

2.2.9. Control de Calidad en la Industria Panadera

La calidad de los productos de panadería comienza con las materias primas, es crucial establecer un sistema de control riguroso para verificar la frescura y calidad de todos los ingredientes, los obradores deben seguir protocolos estrictos de higiene y seguridad alimentaria para prevenir la contaminación cruzada y garantizar la salubridad de sus productos. Esto incluye la limpieza regular de equipos y superficies. El control de la temperatura es crucial tanto en el almacenamiento de ingredientes como en los procesos de cocción y enfriamiento. Un adecuado manejo de la temperatura asegura la calidad y prolonga la vida útil de los productos de panadería y repostería.

La cita destaca la importancia integral del control de calidad en cada etapa del proceso de producción en panadería, desde la selección de las materias primas hasta la manipulación y almacenamiento de los productos terminados. Se interpreta que la calidad final no depende únicamente de las recetas o técnicas utilizadas, sino que está profundamente relacionada con la higiene, la seguridad alimentaria y el control riguroso de las condiciones ambientales, especialmente la temperatura.

El control de calidad e higiene en la industria panadera, resalta aspectos que resultan fundamentales al considerar el aprovechamiento de la cáscara de huevo como materia prima para la elaboración de carbonato de calcio con fines alimenticios. La implementación de protocolos estrictos de limpieza, control de temperatura y manejo seguro de ingredientes puede trasladarse al proceso de recolección y tratamiento de las cáscaras, garantizando así su inocuidad y calidad como suplemento. Este enfoque permite evaluar la viabilidad técnica del proyecto, asegurando que el producto final cumpla con los estándares sanitarios y nutricionales requeridos para el consumo humano.

2.2.10. Función del Huevo en la Repostería, Panadería y Pastelería

Los huevos tienen un papel muy importante cuando se trata de preparar pasteles, galletas, merengues y cremas pasteleras, pues son los encargados de proporcionar estructura y estabilidad a las mezclas, así como de agregar humedad a los pasteles, o actuar como pegamento o como glaseado. (Soco, 2015)

Según (Oses Ursua, 2021) En el proceso de horneado de repostería, los huevos cumplen las siguientes funciones:

- Aglutinante: es decir, los huevos unen y pegan el resto de los ingredientes.
- Emulsionante: las claras batidas atrapan el aire y crean miles de burbujas, consiguiendo aportar elasticidad a las masas (de ahí la importancia que siempre recalco de batir mucho los huevos junto con el azúcar en la mayoría de las masas).
- Colorante: por supuesto, los huevos aportan color.
- Humedad: los huevos aportan humedad y por ello, dan una miga más esponjosa.
- Control de calidad en la producción panadera.

El uso del huevo es prácticamente indispensable en la industria de la panificación, repostería y pastelería, puesto que sin él es muy difícil darle consistencia y estabilidad a la masa para estructurar el producto de manera correcta.

El huevo es un ingrediente que aporta un plus a los productos de la pastelería y la panificación, ya que proporciona propiedades organolépticas que, sin su uso, sería muy difícil lograr. Además, sirve para la elaboración de toppings, cremas y glaseados, los cuales se utilizan como complemento de estos productos.

2.2.10.1. Cantidad de Huevos de Gallina Utilizados por las Industrias Panaderas

López Alonso, (2009) plantea que, “... si, por ejemplo, aumentamos o disminuimos la cantidad de huevos en un bizcocho, todos los demás ingredientes deberán ser aumentados o disminuidos en la misma proporción.”

La cantidad de huevo siempre es proporcional a la cantidad de los otros ingredientes utilizados en la elaboración del pan. Es decir, dependiendo del tipo de producto que se esté elaborando, así será la cantidad de huevo, puesto que los diferentes panes pueden llevar más o menos cantidad de esta materia prima.

Las industrias panaderas de la ciudad de San Ramón no son la excepción; las cáscaras de huevo siempre variarán según el tipo de bollería que se elabore, además del volumen de ventas y, por consiguiente, de la frecuencia de producción.

2.2.11. Manejo o Gestión de Residuos Sólidos

Cuando se habla de gestión de residuos industriales se está haciendo referencia a una serie de actividades que son imprescindibles para llevar a cabo el tratamiento de los desechos producidos en una empresa y que abarcan desde su generación, pasando por su eliminación o reaprovechamiento. Dentro de estas actividades se engloban la recolección, el transporte, el tratamiento y el reciclaje de todos aquellos materiales de desecho que se producen como consecuencia de una actividad industrial. (Guía-Profi, 2022)

Gestionar los residuos industriales en un contexto práctico implica implementar sistemas para recolectar, transportar y procesar desechos con el objetivo de minimizar el impacto en el ambiente. Aunque esta actividad no solo reduce el impacto ambiental, sino que también abre la posibilidad de transformar materiales desechados en productos útiles, de los cuales se puede obtener cierta retribución.

2.2.12. Manejo de la Cáscara de Huevo de Gallina

2.2.12.1. Recepción

La recepción de la cáscara de huevo de gallina podría ser muy similar al almacenamiento del huevo mismo. Según el Codex alimentarius commission (1976): “Todo envasado o almacenamiento de huevos, o equipo relacionado con estas actividades, no debería transferir a los huevos sustancias que presenten riesgos para la salud del consumidor” (p16).

La recepción y almacenamiento de la cáscara de huevo de gallina debería realizarse en un lugar donde se controle y cuide el ambiente térmico, la humedad y la higiene de los equipos con los cuales el residuo entre en contacto, para evitar agentes patógenos que puedan afectar al consumidor.

Un mal almacenamiento de la cáscara podría provocar la proliferación de microorganismos, como hongos, puesto que, al momento de ser almacenada, la cáscara aún no ha sido sometida a un lavado previo en el que se desprendan los restos de clara o yema de huevo.

2.2.12.1.1. Desinfección de la Cáscara de Huevo

“En la industria alimentaria, el Hipoclorito de Sodio es comúnmente usado para sanitizar equipamiento, superficies e incluso lavar frutas y verduras para eliminar patógenos dañinos.” (Taki, 2023)

“El ácido acético es, sobre todo, utilizado por sus propiedades antibacteriales, antisépticas y desinfectantes. El ácido acético descontamina en parte los alimentos y ayuda a prevenir las infecciones ligeras.” (Fonteneau, 2022)

La desinfección es uno de los puntos críticos más importantes durante el proceso de elaboración de CaCO_3 , puesto que de este paso depende la eliminación de muchos microorganismos dañinos para el consumo. En la industria de los alimentos se pueden encontrar

varios tipos de desinfectantes; entre ellos, los dos más comunes son el hipoclorito de sodio, que ayuda a sanitizar todo el equipamiento e incluso las materias primas usadas en el proceso, y el ácido acético, cuyo uso es exclusivo para alimentos.

Durante la desinfección de las cáscaras de huevo de gallina recolectadas de las distintas panaderías de la ciudad de San Ramón, se usará el hipoclorito de sodio para la desinfección del equipamiento y superficies. Para la sanitización de las cáscaras, se utilizará ácido acético debido al bajo riesgo de causar daño a la salud en caso de consumo.

2.2.12.2. Tratamiento Térmico

El CTNC (2021) alega que el tratamiento térmico, aplicado a los alimentos, se clasifica en pasteurización, procesos a temperaturas por debajo de 100°C y para productos ácidos (pH inferior a 4.6) y esterilización; que son procesos a temperaturas por encima de 100°C (normalmente entre 115-121°C) y para productos de baja acidez (pH igual o superior a 4.6).

Existen dos tipos de tratamientos diferentes, los cuales varían dependiendo de las características del producto, específicamente del pH. Mientras que la pasteurización es menos intensa e indicada para productos ácidos y con bajo riesgo microbiológico, la esterilización utiliza temperaturas más altas para garantizar la seguridad de productos más alcalinos y sólidos, que presenten un mayor riesgo de desarrollo de microorganismos peligrosos.

Por lo anterior, el tratamiento térmico más óptimo para las cáscaras de huevo es la esterilización, ya que se trata de una materia prima sólida y alcalina.

2.2.12.3. Deshidratación

Rubiano Segura, (2018) el cascarón de huevo fue sometido al sol directo durante un día con el fin de suprimir excesos de humedad relevantes, de este modo también se eliminan olores.

Ceupe, (2024) La deshidratación es un procedimiento de conservación de alimentos que, al eliminar la totalidad del agua libre de este, impide la actividad microbiana y reduce la actividad enzimática. Recibe diferentes denominaciones, como secado, desecado e hidratación.

Ambas citas se refieren a técnicas de conservación: una centrada en la eliminación de humedad del cascarón de huevo mediante la exposición al sol, y la otra enfocada en la deshidratación de alimentos en general para prolongar su vida útil y evitar el crecimiento microbiano. Ambos procesos tienen en común la reducción de la humedad, que es un factor clave para mantener la calidad y seguridad del producto.

En el marco de la elaboración del carbonato de calcio, la deshidratación es un proceso en el que se elimina la humedad de la cáscara de huevo sin dañarla ni causar su descomposición o alteración de los minerales. Este proceso se realiza en un horno semiindustrial a una temperatura que permita mantener las propiedades fisicoquímicas del cascarón.

2.2.12.4. Pulverización

Para Muñin, (2024) La pulverización es un procedimiento que se utiliza para reducir a partículas muy finas una sustancia sólida o líquida, lo que permite aumentar su superficie o su área de disponibilidad. Esto puede ocurrir a través de técnicas de granulación, como la molienda, el rayado o el golpeo. La pulverización se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones industriales, médicas y agrícolas.

Muñin, (2024) explica el proceso de pulverización, el cual consiste en reducir una sustancia, ya sea sólida o líquida, a partículas muy pequeñas. Este procedimiento tiene como objetivo aumentar la superficie de la sustancia, lo que facilita su interacción o disponibilidad para otros procesos. Al hacerlo, se mejora la efectividad de la sustancia en diversas aplicaciones, ya que la mayor superficie permite una mejor absorción o acción sobre otros materiales.

La pulverización, dentro del proceso de elaboración del carbonato de calcio a base de cáscara de huevo utilizado en las panaderías y reposterías, consiste en someter la cáscara de huevo a un proceso de molienda. Este proceso se puede realizar utilizando diferentes equipos de molinos y es uno de los más esenciales, ya que es donde se ajusta el tamaño ideal de las partículas de carbonato de calcio. Dependiendo del uso final del carbonato de calcio, se ajusta el tamaño de partícula deseado. En este caso, el uso final es como suplemento alimenticio.

2.2.12.5. Tratamiento UV

La luz UV es eficaz frente a microorganismos patógenos y alterantes. Es eficaz frente a bacterias, mohos, levaduras, virus y esporas. También es eficaz frente a parásitos. (FBKMexico, 2024)

Según Evilaproject, (2023) se realiza tratamiento UV a las harinas y cereales, donde la luz UV podría reducir la carga microbiana, especialmente, la descontaminación de patógenos como *Bacillus cereus*. También es importante su aplicación en aquellos productos que no poseen en su proceso alguna etapa de reducción de microorganismos, como el tratamiento térmico.

La luz ultravioleta (UV) es una herramienta eficaz para la eliminación de microorganismos patógenos y alterantes en diversos productos. La primera cita destaca su capacidad para eliminar una amplia gama de microorganismos, incluidas bacterias, virus y esporas, lo que refuerza su versatilidad en la desinfección de alimentos y otros productos sensibles. La segunda cita, por su parte, se enfoca en el uso de la luz UV en harinas y cereales, destacando su papel crucial en la reducción de la carga microbiana, especialmente en productos que no pasan por procesos térmicos que normalmente reducirían los microorganismos. Ambas citas reflejan la relevancia de la luz UV como un método alternativo y efectivo para mejorar la seguridad alimentaria y la calidad microbiológica.

Dentro del proceso de elaboración del carbonato de calcio, se lleva a cabo un control de desinfección sobre los microorganismos que puedan estar presentes en este. Finalmente, el tratamiento ultravioleta se realiza antes del encapsulado, únicamente con el fin de proporcionar mayor inocuidad al producto y asegurar una seguridad alimentaria ideal para el consumidor final.

2.2.12.6. Encapsulado

Según (Quiminet, 2024) el proceso de encapsulado se da la siguiente forma:

Si la encapsuladora utilizada es manual, todo el proceso se realiza a mano: se destapan las cápsulas una por una, se esparce el polvo directamente desde el recipiente que lo contiene y luego se tapan las cápsulas, una a una. En el caso de las encapsuladoras semiautomáticas, tanto el proceso de tapar como el de destapar las cápsulas se lleva a cabo con la ayuda de dispositivos de manipulación múltiple, aunque se mantiene la necesidad de verter el polvo a mano. Las encapsuladoras automáticas, como su nombre indica, realizan todo este proceso automáticamente, sin necesidad de intervención humana.

La cita muestra la progresión del encapsulado, desde un proceso completamente manual hasta uno totalmente automatizado, destacando cómo la tecnología reduce la necesidad de intervención humana. A medida que avanzan las tecnologías, existen más encapsuladoras con nuevas funciones y mayor rendimiento o capacidad.

En la fabricación del carbonato de calcio, las cápsulas son destapadas y tapadas utilizando dispositivos que permiten manipular varias cápsulas a la vez. Sin embargo, el polvo de carbonato de calcio se sigue vertiendo manualmente en las cápsulas. Este sistema ayuda a reducir el esfuerzo humano en la manipulación de las cápsulas y mejora la precisión del proceso.

2.2.12.7. Envasado

Quiminet, (2024) Envasado es el procedimiento por el cual una mercancía se envasa o empaqueta para su transporte y venta. Comprende tanto la producción del envase como la envoltura para un producto, hasta el color del envase.

La cita de Quiminet (2024) sobre el envasado destaca que este procedimiento no solo implica el acto de colocar un producto dentro de un envase, sino que abarca una serie de aspectos que van desde la creación del envase mismo hasta los detalles más específicos, como el color del envase y demás aspectos. El envasado no es solo un paso de protección física del producto, sino que también incluye la producción del envase (es decir, el diseño y fabricación del contenedor adecuado para el producto) y la envoltura (el material que recubre el producto, que puede incluir etiquetas, films plásticos, etc.).

En el envasado de carbonato de calcio en este caso es como una opción más para el consumidor puesto que también se presentan en capsulas que luego son previamente envasadas, pero también está la presentación donde este producto se envasa en pequeños frascos de plásticos de polietileno de alta intensidad (HDPE) que permiten pueda obtener más producto.

2.2.12.8. Etiquetado

Cualquier material escrito, impreso o gráfico que contiene la etiqueta, acompaña al alimento o se expone cerca del alimento, incluso el que tiene por objeto fomentar su venta o colocación. (Legislacion de Nicaragua , 2010)

Según lo anteriormente citado se define de manera amplia lo que constituye un material relacionado con los alimentos, especificando que cualquier material escrito, impreso o gráfico que contenga información sobre el producto, o que lo acompañe en su comercialización, forma parte de su etiquetado.

Como etiquetado del carbonato de calcio se toman en cuenta aspectos como el nombre de la empresa, nombre del producto, cantidad en gramos, información nutricional, ingredientes, forma de conservación, recomendaciones, direcciones de consulta de información, código de barras, y demás aspectos que se estipulan tanto en la NTON de etiquetado y el Codex alimentarius.

2.2.12.9. Pruebas Fisicoquímicas

2.2.12.9.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

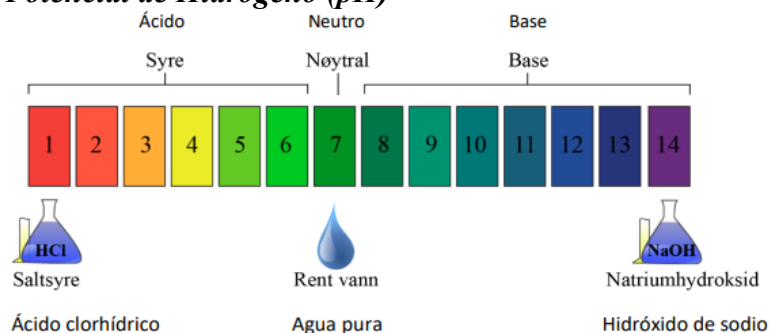
Orozco Lab, (2023) explica que.

“El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en una solución”

La escala de pH se utiliza para medir la acidez o la alcalinidad de una solución y varía de 0 a 14. Un pH de 7 se considera neutral, mientras que cualquier pH por debajo de 7 es ácido y cualquier pH por encima de 7 es alcalino. La medición del pH también es importante en procesos industriales como la producción de alimentos y productos químicos.”

Química. es, (2024) también plantea de esta forma la definición del potencial de hidrogeno pH: El pH es una medida de la acidez o basicidad de una solución. El pH es la concentración de iones o cationes hidrógeno [H^+] presentes en determinada sustancia. El término significa potencial de hidrógeno para pondus Hydrogenii o potentia Hydrogenii (del latín *pondus*, n. = peso; *potentia*, f. = potencia; *hydrogenium*, n. = hidrógeno).

Ilustración 3. Potencial de Hidrógeno (pH)



Nota: Esta imagen presenta cuando un elemento o componente es ácido, neutro o básico. Fuente: (Morsmal, 2019)

El pH es una medida que indica cuán ácida o básica (alcalina) es una solución. Se basa en la concentración de iones de hidrógeno (H^+) presentes en la solución. La escala de pH va de 0 a 14. Dentro de la elaboración del carbonato de calcio el pH (potencial de hidrogeno) es uno de los parámetros a medir o evaluar con el fin de conocer si el $CaCO_3$ obtenido de la cascara de huevo es ácido o básico.

2.2.12.9.2. Grados Brix

Los grados Brix (símbolo $^{\circ}Bx$) se emplean para medir el contenido de azúcar de una solución acuosa. Un grado Brix es 1 gramo de sacarosa en 100 gramos de solución y representa la fuerza de la solución como porcentaje en masa. (Quimicafacil.net, 2018)

Por otro lado, Agrologica, (2024) plantea que Grado Brix es una medida que indica el porcentaje de azúcar en una solución líquida. Por ejemplo, un Grado Brix de 10 significa que hay 10 gramos de azúcar en 100 gramos de solución. Es una métrica esencial en la producción de frutas, jugos, vino y otros alimentos, ya que afecta directamente el sabor, la fermentación y la conservación del producto.

El grado Brix es una unidad de medida que refleja el porcentaje de azúcar en una solución líquida, y su valor es crucial en todas las industrias alimentarias. Tanto en la producción de jugos, vinos, como en la evaluación de la madurez de frutas, el grado Brix juega un papel esencial al influir en propiedades como el sabor, la fermentación y la conservación de los productos.

Este es uno de los parámetros a medir en el marco de la elaboración del carbonato de calcio, en la industria alimentaria, el carbonato de calcio se usa como suplemento nutricional, especialmente para fortificar productos como jugos, bebidas, o alimentos procesados. El grado Brix de una bebida o alimento puede medirse para evaluar el contenido de azúcar, lo que puede influir en la interacción de este con el carbonato de calcio.

2.2.12.9.3. Humedad

(MYM, 2023) El contenido de humedad se refiere a la cantidad de agua presente en un alimento o producto. Es un factor crítico en diversas industrias, ya que puede afectar la calidad, estabilidad y seguridad de los productos. Tanto el exceso como la falta de humedad pueden tener consecuencias negativas en términos de sabor, textura y vida útil de los alimentos y productos.

Mundo Tecnológico Alimentario (2020) señala que el contenido de humedad de un alimento es el agua total que contiene, distribuida de una manera muy compleja y heterogénea. Las proteínas, los carbohidratos y los lípidos contribuyen a la formación de complejos hidratados de alto peso molecular dentro de estos tejidos, cuya caracterización y cuantificación en un alimento es difícil de realizar.

Ambas citas coinciden en la importancia del contenido de humedad para la calidad de los alimentos, pero se enfocan en diferentes aspectos: una de ellas resalta las implicaciones prácticas del contenido de humedad en la industria alimentaria, mientras que Mundo Tecnológico Alimentario (2020) profundiza en la complejidad científica de la distribución del agua en los alimentos. En términos químicos, el agua en los alimentos no está libre, sino que está asociada con otros componentes, lo que añade complejidad al análisis y medición del contenido de humedad.

La medición de la humedad en el carbonato de calcio es importante por varias razones, principalmente relacionadas con su calidad, estabilidad y rendimiento en procesos industriales. El exceso de humedad en el carbonato de calcio puede desencadenar reacciones no deseadas, como la carbonatación del material o la absorción de impurezas.

2.2.12.9.4. Pureza

La pureza es la cantidad de sustancia que cuantitativamente se ha determinado que existe en una muestra dada de dicha sustancia. Se denomina pureza al porcentaje efectivo de reactivo

puro en la masa total. La pureza en química es el grado de concentración de átomos del mismo elemento, es decir una sustancia es 100% pura cuando todos sus átomos son iguales. (Glosario.Servidor , 2019).

Partiendo de esta definición, en el proceso de obtención del carbonato de calcio (CaCO_3) a partir de las cáscaras de huevo, es esencial determinar su nivel de pureza, ya que este indicará qué tanto del producto final corresponde efectivamente a CaCO_3 y qué tanto podría estar formado por impurezas o residuos no deseados. Esta información es relevante para garantizar que el suplemento alimenticio elaborado cumpla con criterios de calidad, seguridad y valor nutricional adecuados.

Es crucial aplicar técnicas confiables de análisis químico para evaluar la pureza del CaCO_3 , ya que el uso de materia prima de origen biológico como las cáscaras de huevo puede implicar la presencia de otros minerales o contaminantes. Por ello, evaluar correctamente la pureza garantiza la calidad del suplemento alimenticio y su potencial para ser utilizado en la prevención de deficiencias de calcio en la población.

2.2.12.9.5. Reactivos Usados en la Determinación de Pureza

Proceso de Titulación

Según (Caseres Choque , 2013) Los iones calcio y magnesio forman complejos estables con etilendiaminotetra-acetato disódico (EDTA). Si el pH es suficientemente alto (12 a 13) como para que el magnesio precipite como hidróxido, el calcio puede ser determinado directamente. El punto final de la titulación es detectado por el viraje de color del indicador "Murexida", el cual presenta un color rosado en presencia de calcio y un color púrpura cuando todo el calcio se encuentra formando un complejo con EDTA.

Este texto describe un proceso químico específico para determinar la cantidad de calcio en una muestra mediante una técnica de valoración complejométrica utilizando EDTA como agente

titulante. Se explica que tanto el calcio como el magnesio pueden formar complejos estables con el EDTA, Esto implica que la técnica se basa tanto en principios de equilibrio químico como en cambios visibles que permiten cuantificar el calcio presente en una muestra.

En la práctica, la determinación de calcio en muestras de carbonato de calcio mediante titulación con EDTA se aplica para cuantificar con precisión este ion metálico en compuestos utilizados comúnmente en la industria alimentaria o farmacéutica. Para ello, se disuelve la muestra y se ajusta el pH de la solución a un valor entre 12 y 13, lo que permite que el magnesio precipite como hidróxido y no interfiera en la medición. Luego, se titula con EDTA, que forma un complejo estable con el calcio libre. El punto final se detecta mediante el indicador murexida, que cambia de rosado a púrpura cuando todo el calcio ha reaccionado. Esta técnica es útil, por ejemplo, para verificar la pureza del carbonato de calcio utilizado como suplemento de calcio o antiácido.

Reactivos

Según (Organitzem, 2021) argumenta que los reactivos son a partir de materiales que se consumen para fabricar productos. En química, un reactivo es un material de partida en una reacción química que se consume para formar productos. La energía de activación requerida para iniciar una reacción química rompe los enlaces entre los átomos reactivos.

El texto destaca el papel fundamental de los reactivos en los procesos químicos, definiéndolos como las sustancias iniciales que participan en una reacción y que se transforman al formar productos. Se entiende que los reactivos no solo son componentes materiales, sino también claves en la transformación de la materia.

En la determinación de calcio por titulación, el concepto de reactivo se aplica directamente al uso de sustancias como el EDTA y el indicador murexida, que son fundamentales para que la reacción química ocurra. Este actúa como reactivo principal, ya que se combina con los iones

calcio presentes en la muestra hasta formar un complejo estable, mientras que la murexida permite visualizar el punto final de la reacción mediante un cambio de color.

1. Murexida

La murexida ($\text{NH}_4\text{C}_8\text{H}_4\text{N}_5\text{O}_6$ o $\text{C}_8\text{H}_5\text{N}_5\text{O}_6 \cdot \text{NH}_3$), también conocida como purpurato de amonio o MX, es la sal de amonio del ácido púrpura; su nombre en inglés es Murexide. En esta prueba, la sustancia (que se va a identificar) se mezcla con una pizca de clorato de potasio y una gota de ácido clorhídrico. (Zapata, 2024)

Se puede comprender que la importancia de la murexida radica en su capacidad para actuar como un reactivo específico en pruebas donde otros métodos convencionales, como el reactivo de Dragendorff, no son eficaces. Esto resalta el valor de la murexida en el campo de la química analítica, ya que permite identificar sustancias con estructuras particulares mediante una reacción visible, en la que se emplean otros compuestos como clorato de potasio y ácido clorhídrico.

En el contexto de la determinación de calcio por titulación, la murexida se aplica como un indicador visual clave que permite identificar el punto final de la reacción entre el calcio y el EDTA. En este caso, la murexida actúa formando un complejo con el ion calcio, mostrando un color rosado, y al completarse la titulación con EDTA, el color cambia a púrpura, indicando que todo el calcio ha sido captado por el agente quelante. De este modo, la murexida, como reactivo, cumple una función esencial en la precisión y control visual del análisis químico.

2. EDTA

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) es un agente quelante que tiene una amplia gama de aplicaciones en la medicina y la industria debido a su capacidad para formar complejos estables con iones metálicos. Este compuesto químico es una sustancia sintética que se utiliza para

secuestrar iones metálicos, como el calcio, el magnesio y el hierro, en diversas soluciones. (Clínica Univerdad de Navarra, 2023)

Dado que el EDTA atrapa iones metálicos, evita reacciones indeseadas que estos metales podrían provocar en ciertas soluciones o procesos. En la investigación, esto sugiere que el EDTA podría utilizarse en el tratamiento del carbonato de calcio, permitiendo separar impurezas metálicas o mejorar la pureza del producto final, lo cual es importante para la formulación de un suplemento alimenticio seguro y eficaz.

El uso del EDTA, puede mejorar la calidad y seguridad del suplemento de carbonato de calcio derivado de la cáscara de huevo, al ayudar a remover trazas metálicas no deseadas. Por tanto, esta sustancia podría ser un aliado técnico en el proceso de determinación de pureza.

3. Ácido Clorhídrico

El ácido clorhídrico es un ácido mineral inorgánico de fórmula general $\text{HCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$. Es el sistema químico más sencillo formado por cloro y agua. Es un líquido incoloro de olor intenso. Se le denomina también: ácido muriático, espíritu de sal, ácido marino, ácido de sal, ácido hidrocórico, o agua fuerte o sulfumán. (Dobado , 2024)

El ácido clorhídrico es una sustancia muy versátil y reconocida en distintos contextos químicos e industriales, lo que justifica su variedad de nombres. Su forma líquida e incolora y su naturaleza fuerte y volátil hacen que deba manipularse con precaución. Esto sugiere que su uso en procesos industriales o alimentarios, como la extracción o limpieza de sustancias (como el carbonato de calcio), debe considerar estrictas medidas de seguridad.

Reconocer la composición, propiedades físicas y sinónimos de este ácido, ayuda a evitar confusiones terminológicas en los procedimientos, garantizar la trazabilidad del proceso y aplicar las normas de seguridad industrial adecuadas.

4. Hidróxido de Sodio

El hidróxido de sodio, también conocido como hidróxido sódico, hidrato de sodio o más popularmente sosa cáustica (o soda cáustica en la mayoría de Latinoamérica) es un compuesto altamente corrosivo, muy soluble en agua (aunque libera grandes cantidades de calor al diluirse) que absorbe el agua y el dióxido de carbono. Estas propiedades lo convierten en un producto que es muy útil como base química. Su fórmula química es NaOH. (Vadequímica, 2025)

El hidróxido de sodio debe manipularse con extremo cuidado, ya que su corrosividad y la liberación de calor al disolverse pueden representar un riesgo si no se aplican medidas de seguridad adecuadas. Su capacidad de absorber agua y dióxido de carbono indica que debe almacenarse herméticamente para conservar su eficacia.

El hidróxido de sodio puede ser usado en el proceso de limpieza o tratamiento químico de la cáscara de huevo, ayudando a separar compuestos no deseados o a favorecer la precipitación del carbonato de calcio y de esa manera, comprobar su pureza.

2.2.12.9.6. Solubilidad

Ibañez, (2023) la solubilidad es una propiedad que describe la capacidad de un soluto para disolverse en un solvente. Se mide como la cantidad máxima de soluto que puede disolverse en una cantidad determinada de solvente a una temperatura y presión específicas. La solubilidad se expresa comúnmente en gramos de soluto por 100 gramos de solvente.

Profe Recursos,(2024) la solubilidad es la medida de la capacidad de una sustancia para disolverse en otra. Se expresa generalmente en términos de la cantidad máxima de soluto que puede disolverse en un solvente a una temperatura y presión dadas, creando una solución homogénea.

La información encontrada aborda el mismo concepto de solubilidad, pero cada una pone el foco en un aspecto diferente. Ibañez (2023) se enfoca en la medición cuantitativa de la solubilidad, mientras que Profe Recursos (2024) resalta la formación de una solución homogénea como una característica clave de la solubilidad. Ambas definiciones son complementarias, proporcionando una comprensión completa del fenómeno.

En el proceso de elaboración del carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo, la solubilidad juega un papel fundamental. La cáscara de huevo está compuesta principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), y este compuesto tiene una solubilidad limitada en agua. El control de la solubilidad, junto con las condiciones de temperatura y presión, es clave para obtener un carbonato de calcio de alta calidad.

2.2.12.9.7. Color

Los especialistas aseguran que no hay diferencia nutricional entre los huevos con cáscara de distinto color, ni entre los de menor o mayor tamaño. Según (Curadas.com, 2020)

El color de la cáscara depende de la concentración de pigmentos, denominados porfirinas, depositados en la matriz cálcica y no afecta a la calidad, ni a las propiedades nutritivas del huevo. (Rujamar, 2022)

La cita destaca que las diferencias en el color y el tamaño de los huevos no afectan su calidad nutricional. Estas características son el resultado de factores genéticos y no influyen en el valor nutricional del huevo que consumimos.

2.2.12.9.8. Olor y Sabor

El carbonato de calcio es un compuesto sólido de color blanco, inodoro e insípido. Es insoluble en agua y tiene una alta estabilidad térmica, siendo capaz de soportar altas temperaturas sin descomponerse. (Quimicaly, 2024)

El carbonato de calcio es un compuesto sólido de color blanco, lo que indica que es un material en forma de polvo o cristales sin color, comúnmente utilizado en diversas industrias, es inodoro (no tiene olor) e insípido (no tiene sabor), lo que lo hace adecuado para su uso en productos que deben ser neutros en sabor y olor, como en la industria alimentaria o farmacéutica.

2.2.13. Uso en la Industria

En los últimos años, se ha estudiado diferentes aplicaciones de la cáscara de huevo como materia prima para la obtención de productos de valor añadido. Entre estas aplicaciones se incluye, por ejemplo, el uso de la cáscara como material de partida para preparar biocerámicas de fosfato de calcio (hidroxiapatita) que pueden utilizarse como sustituto óseo, o su empleo como adsorbente para eliminar diferentes contaminantes de soluciones acuosas. (Gao & Xu, 2012)

Se han realizado numerosos estudios sobre cómo se puede utilizar la cáscara de huevo como materia prima para la elaboración de otros productos, estas investigaciones han mostrado las diferentes maneras de aplicación de la cáscara en diferentes industrias para la creación de numerosos productos.

Gracias a la composición química de la cáscara del huevo, se han descubierto sus diferentes usos para elaborar diferentes productos de diferentes sectores, por ejemplo, medicamentos, pinturas, pinturas industriales, maquillaje, cremas corporales, suplementos, compost, cerámica, etc.

2.2.13.1. Pinturas Industriales

Las pinturas están compuestas por resina, por otra parte, sólida que contiene los pigmentos, los solventes que permiten el mezclado y, también, por aditivos. El CaCO_3 forma parte de los elementos sólidos y se utiliza como carga en la elaboración de las pinturas para otorgarle más peso,

permitiendo que, una vez pintada la superficie, el producto final tenga mayor poder cubritivo. (Goicoa & Pinto, 2014)

El carbonato de calcio obtenido de la cáscara de huevo es utilizado para mejorar la calidad de las pinturas, puesto que les brinda espesor, haciendo que las mismas rindan un poco más y aumente la efectividad de esta.

Los minerales fuertes como el carbonato de calcio, gracias a su solidez, otorgan a las pinturas industriales algunas características que son importantes para determinar su calidad, desde el rendimiento hasta la duración de esta una vez aplicada.

2.2.13.2. Compost

La cáscara de un huevo de gallina está formada por un 96% de carbonato de calcio: una de las mejores fuentes ecológicas de este nutriente para las plantas en macetas, jardines o huertas. Aunque no forman parte de nuestra dieta, las plantas extraen todos sus beneficios. A su vez, se les puede dar muchos otros usos. (INFOCAMPO, 2021)

El huevo tiene una demanda enorme por su alto contenido de nutrientes, sin embargo, la cáscara posee minerales que pueden ser aprovechados y absorbidos por las plantas, convirtiéndose en un elemento provechoso y amigable con el medio ambiente para la jardinería donde se le pueden encontrar diversos usos.

Son muchos los beneficios que la utilización de calcio puede brindar a la planta, donde uno de los principales es el enriquecimiento de cualquier tipo de compost, sirviendo como fertilizante y a su vez mejorando las propiedades y condiciones del suelo.

2.2.13.3. Industria Alimenticia

El carbonato de calcio extraído de minas se utiliza para alimentación animal, suplementos dietéticos y plásticos, pudiendo ser sustituido por aquel contenido en la cáscara de huevo.

(Vázquez Martínez, Henkel García, Legorreta García, Barrietos Hernández, & Urbano Reyes, 2021)

El calcio que se extrae de la cascara del huevo es una opción muy viable y un claro sustituto del carbonato de calcio proveniente de minas para la elaboración de diversos productos.

La cáscara de huevo es un residuo rico en minerales de los cuales un gran porcentaje es carbonato de calcio, convirtiendo al manejo de este residuo en un sustituto del carbonato de calcio extraído artificialmente. Los usos más comunes de este mineral son en industrias plásticas y cosméticas, sin embargo, dándole un correcto manejo es posible la elaboración de un suplemento para consumo animal y humano.

a. Suplemento alimenticio.

Los micropolvos obtenidos a partir de la cáscara de huevo contienen 36.7 g de calcio, 388 mg de magnesio y 99.8 mg de fósforo por cada 100 g de micropolvos (ITA). Constituyéndose un suplemento alimenticio muy importante para solucionar las deficiencias de calcio de otros alimentos. (Pérez, Guzman, Duran , Ramos, & Acha, 2018)

El alto contenido de calcio en los micropolvos obtenidos a partir de la pulverización de la cáscara de los huevos de gallina los convierte en un recurso valioso para combatir problemas de salud relacionados con la deficiencia de este mineral. Además, la presencia de magnesio y fósforo sugiere que estos micropolvos no solo contribuyen a la salud ósea, sino que también podrían ser útiles en procesos metabólicos y energéticos del cuerpo humano, destacando su multifuncionalidad como suplemento alimenticio.

Aprovechar un subproducto como la cáscara de huevo para la creación de suplementos alimenticios es de suma importancia, ya que, esto no solo promueve la sostenibilidad mediante el manejo de residuos alimenticios, sino que también aborda necesidades nutricionales. Sin embargo,

la implementación de un suplemento alimenticio de carbonato de calcio en el mercado dependerá de factores como la aceptación del consumidor y el costo del proceso de producción en comparación con otras fuentes de calcio.

2.2.13.4. Industria Farmacéutica.

El carbonato de calcio (CaCO_3) es un aditivo común en la industria farmacéutica. Se puede utilizar un aditivo de color, y es un polvo fino, blanco, preparado sintéticamente que consiste esencialmente en carbonato de calcio precipitado (CaCO_3). El carbonato de calcio, como ingrediente activo, también se usa como un suplemento dietético utilizado cuando la cantidad de calcio tomada en la dieta no es suficiente. El cuerpo necesita calcio para tener huesos, músculos, sistema nervioso y corazón sanos. El carbonato de calcio también se usa como antiácido para aliviar la acidez estomacal, la indigestión ácida y el malestar estomacal. (Drugs.com, 2025)

El carbonato de calcio se encuentra en productos antiácidos de venta libre como Roloids o Tums. Cada pastilla o píldora generalmente proporciona de 200 a 400 mg de calcio. Revise la etiqueta para saber la cantidad exacta. (MedlinePlus, 2023)

Se deduce que el carbonato de calcio tiene una amplia aceptación en el ámbito farmacéutico por su seguridad y eficacia comprobadas. Su presencia en productos accesibles al público, como suplementos y antiácidos, demuestra su importancia en el manejo de deficiencias nutricionales y problemas gastrointestinales. Por lo tanto, el desarrollo de un CaCO_3 a partir de cáscara de huevo puede representar una alternativa viable, económica y sostenible para obtener un suplemento con potencial uso comercial y médico, siempre que se garantice su calidad y biodisponibilidad.

Estas fuentes se centran en el carbonato de calcio producido de manera sintética, lo cual implica altos estándares de pureza, seguridad microbiológica y control en su fabricación, por lo

que el CaCO_3 obtenido de la cáscara de huevo debe cumplir con requisitos similares y proporcionar una cantidad de calcio similar a los otros productos presentes en el mercado.

2.2.13.4.1. Calcio

El calcio es el mineral más abundante que se encuentra en el cuerpo humano. Los dientes y los huesos son los que contienen la mayor cantidad. Los tejidos corporales, las neuronas, la sangre y otros líquidos del cuerpo contienen el resto del calcio. (MedlinePlus, 2023)

El calcio cumple funciones esenciales no solo estructurales (huesos y dientes), sino también funcionales en el sistema nervioso, muscular y circulatorio. Por lo tanto, una deficiencia de calcio podría afectar múltiples sistemas del cuerpo. Esto justifica la necesidad de asegurar una ingesta adecuada de calcio y plantea la posibilidad de utilizar suplementos como el carbonato de calcio, especialmente en poblaciones con riesgo de deficiencia.

El límite máximo recomendado para el calcio es de 2500 miligramos al día para adultos de 19 a 50 años. Para las personas mayores de 51 años, el límite es 2000 mg al día. (Nutricion y comida saludable , 2022)

Normalmente, el incremento del consumo de calcio durante un período de tiempo limitado no ocasiona efectos secundarios. Sin embargo, el hecho de recibir una gran cantidad de calcio durante un período de tiempo prolongado eleva el riesgo para cálculos renales en algunas personas. (MedlinePlus, 2023)

El consumo excesivo de calcio no siempre tiene efectos inmediatos, pero el riesgo aumenta con el tiempo, especialmente si se exceden los límites diarios recomendados. Esto implica que los suplementos de calcio deben diseñarse con una dosis segura y controlada, particularmente si se planea un uso continuo. Además, ciertas personas podrían ser más propensas a sufrir efectos adversos como los cálculos renales.

El desarrollo del suplemento alimenticio a base de carbonato de calcio debe incluir advertencias claras sobre la dosis máxima diaria. También subraya la necesidad de realizar pruebas de contenido real de calcio en el producto y de brindar recomendaciones de uso basadas en la edad del consumidor. Incluir esta información en la etiqueta contribuye a una mejor trazabilidad, seguridad del producto y responsabilidad en salud pública.

2.2.14. Microorganismos Presentes en la Cáscara de Huevo

2.2.14.1. Salmonella

La Salmonella pertenece a un grupo de bacterias presentes en el intestino de personas y animales sanos transmitiéndose a las personas, principalmente, a través del consumo de alimentos crudos o poco cocinados y provocando la infección gastrointestinal llamada “*Salmonellosis*”.

Las bacterias *Salmonella spp.* viven en el tracto intestinal de animales sanos, principalmente, aves de corral, ganado vacuno y porcino, así como en animales domésticos (gatos, perros, pájaros y tortugas), roedores, reptiles y anfibios. (ELIKA, 2024)

Como concepto general, la OMS (2018), alega que “La salmonellosis, que generalmente se caracteriza por la aparición brusca de fiebre, dolor abdominal, diarrea, náusea y, a veces, vómitos, es una enfermedad provocada por *Salmonella*”.

La FAO (2005) asegura que “La *Salmonella* se transmite a los huevos por dos vías: transovárica (transmisión vertical) o a través de la cáscara (transmisión horizontal)”.

La Salmonella representa un riesgo significativo en alimentos derivados de animales, como los huevos, especialmente si no se manejan adecuadamente durante su procesamiento y almacenamiento. La transmisión transovárica implica que las bacterias ya están presentes dentro del huevo antes de que se forme la cáscara, mientras que la transmisión horizontal ocurre después, debido al contacto con superficies contaminadas. Esto subraya la importancia de implementar

medidas rigurosas de higiene y desinfección para minimizar este riesgo en la producción y manipulación de alimentos.

La desinfección adecuada de las cáscaras, mediante el uso de sustancias sanitizantes como el hipoclorito de sodio y el ácido acético, resulta esencial para garantizar la seguridad microbiológica del suplemento alimenticio. Además, el conocimiento de las vías de transmisión refuerza la necesidad de una cadena de suministro higiénica desde las panaderías hasta el laboratorio.

2.2.14.2. E.Coli

“La *Escherichia coli* (*E.coli*) es una bacteria que es comúnmente encontrada en el intestino bajo de los organismos de sangre caliente. La mayoría de cepas de *E.coli* son inofensivas, pero algunas pueden causar una seria intoxicación alimentaria”. (OMS, 2018)

“La colibacilosis es una infección localizada o sistémica causada por *E coli* patogénica aviar (APEC, por sus siglas en inglés). Es una de las enfermedades bacterianas más frecuentes y económicamente devastadoras de las aves de producción en todo el mundo.” (Nolan, 2019)

La *escherichia coli* es parte del microbiota normal en muchos animales, sin embargo, ciertas cepas tienen un impacto negativo tanto en la salud humana como en la economía avícola. En humanos, las cepas patógenas pueden causar intoxicaciones alimentarias graves cuando los alimentos contaminados no se procesan o cocinan adecuadamente.

Las cepas patógenas de *E.Coli* podrían representar un riesgo si las cáscaras no se tratan adecuadamente, afectando la inocuidad del suplemento alimenticio. Esto no solo garantiza la calidad del producto final, sino que también promueve la confianza del consumidor.

2.2.14.3. *Campylobacter*

La OMS (2020) informa que: Las especies de *Campylobacter* están ampliamente distribuidas en la mayoría de los animales de sangre caliente. Son prevalentes en animales destinados al consumo, como aves de corral, vacunos, porcinos, ovinos y avestruces, y en los animales de compañía, como perros y gatos. También se han encontrado en el marisco.

“La *Campylobacter* puede vivir en el intestino, hígado y otros organismos de animales. Muchos pollos, vacas y otros animales están infectados con *Campylobacter* sin estar enfermos.”
(CDC, 2024)

La *Campylobacter* es un patógeno de gran relevancia, ya que su presencia en animales destinados al consumo humano implica un riesgo significativo para la seguridad alimentaria. La capacidad de la bacteria para residir en los órganos de animales sin causarles enfermedad resalta su potencial para entrar en la cadena alimentaria de manera inadvertida, especialmente si no se implementan medidas de control adecuadas durante el procesamiento de alimentos.

Controlar la contaminación cruzada durante la manipulación de las cáscaras de huevo, especialmente si provienen de animales que podrían haber estado expuestos a *Campylobacter* es muy necesario en la elaboración de CaCO_3 . La implementación de protocolos rigurosos de desinfección y procesamiento térmico es esencial para garantizar que el suplemento alimenticio resultante sea seguro para el consumo humano. Además, la presencia asintomática de la bacteria en animales subraya la importancia de realizar pruebas microbiológicas antes de llegar al producto final.

2.2.14.4. Mohos

“El moho puede causar problemas de salud. Inhalar o tocar moho o esporas de moho puede causar reacciones alérgicas o crisis de asma en personas sensibles. También puede causar infecciones micóticas.” (Medline Plus, 2021)

“El moho crece y se multiplica en las condiciones adecuadas, necesitando apenas de la suficiente humedad para hacerlo (por ejemplo, en forma de humedad muy alta, condensación, o agua proveniente de una tubería, etc.) y de la materia orgánica”. (New York State, 2013)

El crecimiento del moho representa un riesgo tanto para la salud como para la seguridad de los productos alimenticios y materias primas. Las condiciones de humedad son un factor clave para su proliferación, por lo cual es importante controlar la humedad y garantizar la limpieza en ambientes donde se almacenan o manipulan alimentos y materiales orgánicos. En personas sensibles, la exposición al moho no solo causa molestias menores, sino que también puede desencadenar condiciones médicas más serias, como asma o infecciones micóticas.

La necesidad de implementar medidas estrictas de control para evitar la proliferación de moho es aún mayor en el proceso de elaboración del carbonato de calcio (CaCO_3) a partir de cáscaras de huevo, ya que, por lo general las cáscaras de huevo contiene clara o yema residual las cuales poseen una humedad considerable. Durante el almacenamiento de las cáscaras, el control de la humedad ambiental también es crucial para prevenir contaminaciones que puedan comprometer tanto la calidad como la seguridad del producto. Además, los procedimientos de desinfección y deshidratación deben garantizar la eliminación de posibles esporas presentes en la materia prima.

2.2.14.5. Coliformes totales

“Las bacterias coliformes son un grupo de bacterias que están presente en el ambiente, material de las plantas y del suelo, pero sobre todo en el tracto digestivo de los animales y humanos, y se proliferan en sus desechos fecales.” (Carbotecnia, 2021)

“Las bacterias Coliformes, un grupo de bacterias estrechamente relacionadas al suelo (siembra), el agua y el tracto intestinal de los animales, se han utilizado como indicadores de condiciones insalubres en la producción de alimentos y bebidas.” (NEOGEN, 2023)

Las bacterias coliformes tienen una amplia presencia en entornos naturales y en los sistemas digestivos de organismos vivos. Su asociación con desechos fecales y ambientes contaminados las convierte en un indicador fiable de condiciones poco higiénicas, en alimentos.

La presencia de bacterias coliformes sería un signo de manejo inadecuado o condiciones insalubres en alguna etapa del proceso de elaboración de carbonato de calcio; es fundamental implementar medidas estrictas de higiene y saneamiento, desde la recepción de las cáscaras hasta el envasado final del producto. Las pruebas microbiológicas deben realizarse regularmente para garantizar la inocuidad del suplemento alimenticio y cumplir con los estándares de calidad.

2.2.14.6. Estaphilococcus Aureus

Según la revista argentina de microbiología Scielo en un artículo publicado por Jorda, Marucci, Guida, Pires, & Manfredi (2011) el *S. aureus* es un microorganismo ubicuo que puede colonizar la nasofaringe, la piel y las mucosas de hombres y animales, y puede establecerse en un medio ambiente propicio. Suele contaminar alimentos y, eventualmente, producir una intoxicación aguda debido a la presencia de una toxina emética muy resistente al calor y a las enzimas proteolíticas.

Por otro lado, la revista Carbotecnia (2021) afirma que Los alimentos que están asociados con la intoxicación alimentaria por estafilococos incluyen:

- Las carnes.
- Las aves y los productos con huevo.
- Las ensaladas de huevo, atún, pollo, papa y macarrones.
- Los productos de repostería como bollos rellenos con crema, tartas dulces con crema y palos de chocolate.
- Los rellenos de sándwiches.
- La leche y los productos lácteos.

La bacteria *S. aureus* representa un riesgo significativo en la industria alimentaria, no solo por su capacidad para contaminar diversos tipos de alimentos, sino también por la virulencia de su toxina, que puede causar intoxicaciones severas incluso cuando los alimentos son manipulados adecuadamente a nivel de higiene. Dado que *S. aureus* puede estar presente en personas y animales aparentemente sanos, es fundamental considerar esta bacteria en los sistemas de control de calidad alimentaria.

En el contexto de la elaboración del suplemento alimenticio a base de cáscaras de huevo, el control microbiológico es esencial para evitar la contaminación con esta bacteria. Como este microorganismo puede estar presente en diversos tipos de alimentos, especialmente en aquellos que involucran productos lácteos, huevo y carne, es crucial que los procesos de recolección, limpieza y procesamiento de las cáscaras de huevo se realicen bajo condiciones estrictas de higiene. Además, debido a la resistencia de la toxina de *S. aureus* al calor, es necesario tener en cuenta otras opciones de desinfección como el tratamiento UV.

2.3. Marco Legal

El presente marco legal tiene como objetivo fundamentar jurídicamente la transformación de la cáscara de huevo de gallina generada por la industria panadera, en un suplemento alimenticio de carbonato de calcio (CaCO_3) en el municipio de San Ramón, Matagalpa. Los fundamentos legales presentados garantizan la realización del proyecto bajo el cumplimiento de las leyes y regulaciones aplicables, promoviendo la seguridad alimentaria, gestión ambiental e inocuidad del producto final.

2.3.1. *Ley N^o 423. Ley General de Salud*

Arto 60: Control y Regulación Sanitaria. El control sanitario a los productos y establecimientos farmacéuticos, a la producción, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos; a los plaguicidas, sustancias tóxicas y peligrosas y otras similares; a los productos radiactivos y radiaciones ionizantes; a los estupefacientes, psicotrópicos, sustancias controladas y precursores; a los bancos de sangre, servicios de transfusión sanguínea y control de la serología y el tabaco, se ejercerán de conformidad con las leyes especiales y sus respectivos reglamentos, que regulen las diferentes materias relacionadas, entre las que se destacan: la “Ley de Medicamentos y Farmacias, la Ley de Seguridad Transfuncional” y la Ley N^o. 224 “Ley de Protección de los Derechos Humanos de los no fumadores”.

2.3.2. *Ley N^o 292. Ley de Medicamentos y Farmacias*

Arto 20. Las especialidades farmacéuticas, cosméticos medicados y las sustancias medicinales que las compongan, serán objeto de evaluación toxicológica que garantice su seguridad en condiciones normales de uso y estarán en relación a la duración prevista del tratamiento.

Arto 26. El regente de la producción farmacéutica o de los cosméticos medicados nacionales o importados, proporcionará información escrita suficiente sobre su identificación, indicaciones y

precauciones a observar en su empleo. Los textos se presentarán en la lengua española; la que constará en los envases y prospectos, con la extensión y pormenores que a cada elemento corresponda según su naturaleza y su reglamentación.

En el envase figurarán los datos de la especialidad del titular de la autorización y del fabricante en su caso, cantidad contenida, número de lote de fabricación, fecha de caducidad, precauciones de conservación, condiciones de dispensación y demás datos que reglamentariamente se determinen. El nombre de la marca registrada, el nombre genérico y datos de registro, se imprimirán en los envases.

Arto 53. La calidad de los productos farmacéuticos nacionales e importados con fines de Registro Sanitario, será verificada por el Laboratorio del Ministerio de Salud, el cual podrá apoyarse en el laboratorio de análisis de medicamentos de la facultad de ciencias químicas de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua u otro laboratorio autorizado por el Ministerio de Salud o bien por laboratorios homólogos de Centroamérica, reconocidos por el Ministerio de Salud.

2.3.3. *Codex Alimentarius*

Según (Codex Alimentarius, 2021) sobre el valor nutricional y el etiquetado del producto.

El Codex proporciona orientación sobre los requisitos de composición de los alimentos para que sean inocuos desde el punto de vista nutricional. Asimismo, el Codex proporciona orientación sobre el etiquetado general de los alimentos y las declaraciones de propiedades saludables o nutricionales que los productores incluyen en las etiquetas, con términos como “bajo en grasa”, “rico en grasa” etc. La orientación del Codex garantiza que los consumidores sepan lo que están comprando y que el producto sea lo que dice ser.

Por nutriente se entiende cualquier sustancia química consumida normalmente como componente de un alimento, que:

- a) proporciona energía.
- b) es necesaria para el crecimiento, el desarrollo y el mantenimiento de la vida.
- c) cuya carencia hará que se produzcan cambios químicos o fisiológicos característicos.

Finalidad de las directrices

Velar por que el etiquetado nutricional:

- Facilite al consumidor datos sobre los alimentos, para que pueda elegir su alimentación con discernimiento;
- Proporcione un medio eficaz para indicar en la etiqueta datos sobre el contenido de nutrientes del alimento;
- Estimule la aplicación de principios nutricionales sólidos en la preparación de alimentos, en beneficio de la salud pública;
- Ofrezca la oportunidad de incluir información nutricional complementaria en la etiqueta. Asegurar que el etiquetado nutricional no describa un producto, ni presente información sobre el mismo, que sea de algún modo falsa, equívoca, engañosa o carente de significado en cualquier respecto.

2.3.4. Norma Técnica Ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no-peligrosos - NTON 05 014-02

Esta norma es de aplicación en todo el territorio nacional y de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales y jurídicas, que realicen el manejo, tratamiento y disposición final de desechos sólidos no peligrosos. Dentro de ellos se encuentran los términos de:

Recuperación: Actividad relacionada con la obtención de materiales secundarios, bien sea por separación, desempaquetamiento, recogida o cualquier otra forma de retirar de los residuos sólidos algunos de sus componentes para su reciclaje o reuso.

Reúso: Es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado en forma exactamente igual a como se utilizó antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza.

2.3.5. Reglamento Técnico Centroamericano – RTCA 67.01.33:06 (BPM, Principios Generales)

El presente reglamento tiene como objetivo establecer las disposiciones generales sobre prácticas de higiene y de operación durante la industrialización de los productos alimenticios, a fin de garantizar alimentos inocuos y de calidad. Estas disposiciones serán aplicadas a toda aquella industria de alimentos que opere y que distribuya sus productos en el territorio de los países centroamericanos.

2.4. Preguntas directrices

1. ¿Cuál es la generación promedio de cáscara de huevo de gallina en la industria panadera del municipio de San Ramón, Matagalpa, y qué tan viable es su aprovechamiento como materia prima?
2. ¿Cómo debe diseñarse un proceso eficiente para la extracción de carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo de gallina, considerando procedimientos técnicos y condiciones específicas incluyendo las etapas de limpieza, secado, molienda y purificación?
3. ¿Qué características físico-químicas y microbiológicas presenta el carbonato de calcio obtenido de la cáscara de huevo generada por la industria panadera?

CAPITULO III

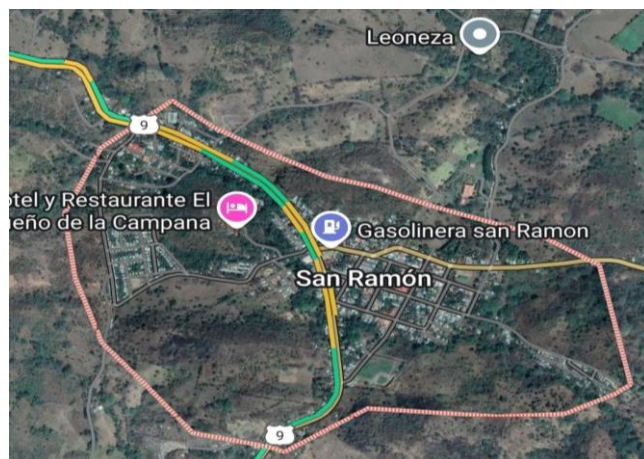
3.1. Diseño Metodológico

El diseño metodológico de esta tesis se enfoca en aprovechar de manera experimentalmente la cáscara de huevo generada por las panaderías de San Ramón, Matagalpa, con el objetivo de convertirla en un suplemento alimenticio de carbonato de calcio (CaCO_3). A través de un proceso organizado, se determinará la cantidad de cáscaras disponibles, se desarrollarán técnicas para su procesamiento y se evaluará la calidad del producto final mediante análisis específicos. Este enfoque no solo busca asegurar resultados confiables, sino también fomentar un uso más sostenible de los residuos.

3.2. Macro Localización

El presente estudio se realizó en la ciudad de San Ramon, del departamento de Matagalpa, Nicaragua. Esta zona se caracteriza por ser un lugar húmedo y ubicado muy cerca de la ciudad de Matagalpa en los últimos años ha crecido en cuanto a población y al comercio, San Ramón actualmente cuenta con un desarrollo económico muy amplio, la industria de la panadería es una de ellas, así como el desarrollo turístico y minero.

Ilustración 4. Macro Localización de San Ramón, Matagalpa



Nota: Esta imagen muestra la Macro localización de la ciudad de San Ramón. Fuente: Google Maps, 2024.

3.3. Micro Localización

San Ramón es un municipio del departamento de Matagalpa en la República de Nicaragua. La cabecera municipal está ubicada a 145 kilómetros de la capital de Managua. Limita al norte con el municipio de El Tuma-La Dalia, al sur con los municipios de Muy Muy y Matagalpa, al este con el municipio de Matiguás y al oeste con el municipio de Matagalpa. Al lugar se puede acceder en transporte público, vehículo particular o caminando, dependiendo de la distancia que se deba recorrer.

3.4. Caracterización de la Zona

La ciudad de San Ramón es un lugar montañoso y predominantemente rural, este posee como atractivos principales sus montañas boscosas, una interesante cascada. El pueblo de San Ramón es el casco urbano principal. Hay varias opciones de hospedaje tanto en la zona urbana como en las rurales. San Ramón está a 12 kilómetros de Matagalpa. Se llega a su casco urbano por una carretera en buen estado que sale de esa ciudad rumbo a El Tuma - La Dalia.

3.5. Investigación científica

Es el proceso que, mediante la aplicación de un método científico, procura obtener información relevante y fidedigna, para crear, entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento. Tiene por finalidad, obtener conocimientos y solucionar problemas científicos o empírico técnicos y se caracteriza por ser reflexiva, sistemática y metódica. (Educación Virtual. Uptc, s.f.)

La cita describe a la investigación científica como una actividad intelectual rigurosa que permite generar conocimiento confiable mediante el uso del método científico. Esto implica no solo buscar información, sino también comprenderla, evaluarla críticamente y aplicarla a

problemas concretos. Además, subraya que la investigación no es un proceso improvisado, sino que debe ser realizada de manera ordenada, reflexiva y metódica.

En el marco de esta investigación, la definición de investigación científica se aplica al estudio del aprovechamiento de la cáscara de huevo, un desecho sólido de la industria panadera, con el objetivo de desarrollar un suplemento alimenticio a base de carbonato de calcio, se busca generar conocimiento confiable sobre las propiedades y el potencial de reutilización de este residuo. Esta aplicación concreta permite dar solución a un problema técnico-ambiental, promoviendo a la vez la sostenibilidad y el desarrollo de productos con valor agregado a partir de residuos agroindustriales.

3.6. Enfoque Cuantitativo Mixto

La investigación es de enfoque cuantitativo mixto, ya que combina métodos de recolección de datos sobre la cantidad de cáscaras de huevo generadas por la industria panadera con procedimientos experimentales para la producción y análisis del carbonato de calcio. Tomando en cuenta, además, el criterio y conocimiento de los investigadores para garantizar la obtención de un producto final de alta calidad.

3.7. Investigación Aplicada

La investigación aplicada tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico. (DuocUC, 2024)

Se considera una investigación aplicada porque busca utilizar el conocimiento científico para resolver un problema práctico y específico, en este caso, el aprovechamiento de un residuo de la industria panadera (la cáscara de huevo) para convertirlo en un producto útil (suplemento alimenticio de carbonato de calcio).

En el contexto de la implementación de un nuevo producto, el carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo generada por las industrias panaderas del municipio de San Ramón, se busca aplicar los conocimientos adquiridos para dar solución a un posible problema.

3.9. Cobertura Transversal

Los estudios observacionales transversales pueden ser de tipo descriptivos o también analíticos dependiendo del objetivo general. Este diseño es rápido, económico y permite el cálculo directo de la prevalencia de una condición. (Vega et al.,2020)

Los estudios transversales son ideales para recopilar información específica en un periodo definido, ya que permiten medir la prevalencia de un suceso sin necesidad de un seguimiento prolongado. Debido a su naturaleza económica y eficiente, este diseño es práctico para investigaciones con recursos limitados o que requieren resultados inmediatos.

Para la presente investigación, esta metodología es adecuada, ya que no busca establecer relaciones causa-efecto, sino proporcionar un panorama claro de los recursos disponibles en un periodo determinado. El diseño propuesto en la cita se adapta perfectamente a la investigación, pues permite recopilar datos concretos sobre las cáscaras generadas en un tiempo limitado y con recursos accesibles. Esta elección metodológica asegura un análisis sólido para la posterior transformación de las cáscaras de huevo en carbonato de calcio.

3.10. Nivel Descriptivo

La investigación descriptiva se considera como un tipo de metodología que parte de la descripción de un fenómeno, situación o población, con el fin de recolectar datos que permitan arrojar información confiable sin manipular las variables estudiadas. En términos más sencillos se podría decir que la investigación descriptiva se centra principalmente en determinar el qué, cuándo, cómo y dónde del objeto de estudio elegido. (Arango, 2025)

En el ámbito científico, la investigación descriptiva se define como un método cuyo objetivo es caracterizar un fenómeno, población o situación particular tal como se presenta en un momento y lugar específicos. A diferencia de la investigación correlacional o experimental, que busca establecer relaciones de causa y efecto, la investigación descriptiva se limita a describir las características observables de un fenómeno.

En este caso, la investigación descriptiva permitirá obtener una caracterización detallada de las cáscaras de huevo y del proceso de producción del suplemento alimenticio, lo que facilitará la toma de decisiones informadas para mejorar la calidad del producto, así como su impacto ambiental y social.

3.11. Universo

Es la definición del conjunto desde el cual se extraerá la información y hacia el que se generalizarán las conclusiones obtenidas. (Cavada Chacon, 2019)

Según la definición de Cavada Chacón (2019), el universo de una investigación es el conjunto total de elementos o casos a los que se aplicarán los resultados del estudio. En el caso de la presente investigación, el universo se refiere a las industrias panaderas.

3.12. Población

Es el conjunto de elementos que son de interés para un experimento, un estudio o una consideración de algún tipo. Los elementos que lo componen pueden ser por ejemplo individuos, animales, fenómenos u eventos. (EDU.LAT, 2018)

La población o universo definido para esta tesis, de acuerdo con lo anteriormente citado es por conveniencia, la población estará conformada por las industrias panaderas del municipio de San Ramón – Matagalpa Nicaragua; ya que, representan una fuente accesible y adecuada para la recolección de datos en este estudio.

3.13. Muestra (por Conveniencia)

Recibe también el nombre de muestreo deliberado, porque no cuenta con ningún procedimiento estandarizado, ninguna acción específica que realizar, ni razón más que la comodidad o única oportunidad de muestrear; en suma, no hay ninguna forma de seleccionar la muestra, es simplemente deliberado. (Supo, 2023)

Se seleccionaron de manera no aleatoria y por conveniencia, tres industrias panaderas representativas del municipio de San Ramón que generan una cantidad significativa de cáscaras de huevo durante el I semestre de 2025. Dado que son panaderías que se encuentran en el centro del municipio y que a su vez tienen mayor producción de pan y otros productos de reposterías. De cada industria, se obtuvieron muestras semanales de cáscaras de huevo durante 2 meses, las muestras se recolectaron los días sábados y domingo, en dependencia de la disponibilidad de la panadería.

3.14. Métodos

Los métodos que se van a utilizar serán los siguientes:

- **Método teórico:** Análisis de la bibliografía encontrada, además de describir el proceso de transformación de la cascara de huevo en carbonato de calcio.
- **Métodos empíricos:** Entrevistas, observación y estudio de documentación son los métodos empíricos más convenientes para llevar a cabo un proceso eficiente de recolección de datos.

3.15. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Una técnica o instrumento de recolección de datos consiste en una herramienta de la cual se vale un investigador para obtener información que le permita desarrollar su proyecto investigativo. (Tesis y Master , 2025)

3.15.1. Técnicas Cuantitativas de Recolección de Datos

Instrumento. Cuestionario estructurado con preguntas cerradas sobre la cantidad de huevos utilizados y el volumen de cáscaras desechadas.

Frecuencia. Recolección semanal durante 2 meses.

3.15.2. Técnicas Cualitativas de Recolección de Datos

Instrumento: Registro detallado del proceso experimental.

Descripción del Proceso.

1. Recolección de cáscaras de huevo.
2. Desinfección de las cascaras de huevo.
3. Pasteurización.
4. Deshidratación.
5. Pulverización para obtener polvo fino.
6. Tratamiento UV para descomponer compuestos orgánicos.
7. Encapsulado/ envasado.
8. Etiquetado.

3.15.2.1. Pruebas Físicoquímicas y Microbiológicas

Físico-Químicas

1. Análisis del potencial de hidrogeno (pH)

Para determinar el Potencial de Hidrógeno se hará uso de cintas de pH las cuales, según Navarro Martínez (2014), constan de un trocito de papel tornasol con el que se puede medir el valor de pH de un líquido. El material del papel asegura que la tira reactiva muestre un color diferente cuando los pH tienen distinta acidez. La escala oficial de pH varía de 0 a 14, siendo 0 muy ácido y 14 muy básico.

2. Grados brix

“Para medir los grados Brix se utiliza un instrumento llamado refractómetro. Este instrumento utiliza el índice de refracción, cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en la muestra”. (Larrosa, 2020)

3. Humedad.

El método seleccionado para determinar la humedad del carbonato de calcio es el Método de Secado por Gravimetría, consta en la medición de la pérdida de peso de una muestra luego de someterla a un proceso de secado a una temperatura controlada; el peso perdido se toma como la humedad de la muestra. Para determinar el porcentaje de humedad se usó la siguiente fórmula:

$$HUMEDAD (\%): \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

Donde:

- **P1:** Peso inicial de la muestra (húmeda)
- **P2:** Peso final de la muestra (posterior al secado)

Microbiológicas:

Pruebas de laboratorio para el análisis microbiológico (presencia de patógenos - *Salmonella*, *Escherichia Coli*, mohos, levaduras, entre otros).

3.16. Plan de Análisis

Para la producción de carbonato de calcio a partir de cáscaras de huevo en San Ramón, Matagalpa, se realizó un análisis exhaustivo de los datos recopilados. Los resultados se modelaron en Microsoft Excel para generar proyecciones futuras, así como para facilitar la comprensión de las relaciones entre las variables. Esta información permitió tomar decisiones informadas y optimizar la planificación de las actividades productivas.

La recolección de información de fuentes secundarias fue a través de la búsqueda de bibliografía referente a experimentos, tesis, monografías e investigaciones previas, relacionadas con el tema de la transformación de la cascará de huevo. Se utilizaron fuentes científicas actualizadas sobre la composición de la cáscara de huevo, el procesamiento de carbonato de calcio.

3.17. Validación de los Instrumentos

Con el objetivo de darle validez a la investigación, se sometió a un análisis y revisión exhaustiva, logrando críticas constructivas que sirvieron para mejorar, tanto la calidad del proyecto, como la claridad y efectividad de los instrumentos para la recolección de datos. Esta validación fue realizada por tres especialistas de diferentes disciplinas:

MSc. Hjalmar Úbeda.

El MSc. Hjalmar Úbeda, docente en la UNAN-CUR Matagalpa, licenciado en Biología y con una maestría en Innovaciones Educativas, cuenta con 28 años de experiencia en la enseñanza superior. Además, ha desempeñado roles como jurado y tutor de monografías durante varios años. En su intervención, destaca la importancia de realizar ajustes en los instrumentos, proponiendo preguntas más específicas y ofreciendo correcciones constructivas en la redacción de otras, con el fin de obtener información más precisa y relevante.

MSc. Dionisia Rodríguez

La segunda validación fue llevada a cabo por la MSc. Dionisia Rodríguez, Ingeniera Agroindustrial, con un postgrado en Formulación y Evaluación de Proyectos, un máster en Dirección de Operaciones y Calidad, 4 años de experiencia laboral como responsable de Producción en empresas dedicadas a la producción de medicamentos; además, cuenta con 1 año de experiencia siendo docente de educación superior. Al revisar los instrumentos, realizó una observación detallada sobre una de las preguntas, sugiriendo sustituirla por una más adecuada para

captar mejor la información deseada. Además, propuso la inclusión de una nueva pregunta con el objetivo de enriquecer el proceso de recolección de datos asegurando que la información obtenida fuera lo más precisa posible. Su intervención fue clave para mejorar la claridad y efectividad del instrumento, garantizando que las preguntas estuvieran alineadas con los objetivos de la investigación.

CAPITULO IV

4.1. Análisis y Discusión de Resultados.

Este capítulo de la tesis presenta el análisis y la discusión de los resultados con el fin de dar respuesta a los objetivos planteados en la monografía. Se inicia con la cuantificación de las cáscaras generadas por la industria panadera de San Ramón, seguido por la descripción del proceso de elaboración del suplemento de carbonato de calcio a partir de dichas cáscaras. Finalmente, se exponen los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, las cuales respaldan la calidad e inocuidad del suplemento elaborado.

4.1.1. Cantidad de Cáscaras Producidas por la Industria Panadera – San Ramón, Matagalpa.

Tabla 2.

<i>Cantidades de Cáscaras Producidas</i>			
<i>Panadería #1 - Lilio's Coffee</i>			
<i>Semana</i>	<i>Cant. Cáscaras</i>	<i>Peso (g)</i>	<i>Peso/Cáscara</i>
#1	50	290.5	5.81
#2	52	290.16	5.58
#3	270	1541.7	5.71
#4	250	1482.5	5.93
Mes #1	622	3604.86	5.76
#5	262	1496.02	5.71
#6	342	1922.04	5.62
#7	111	613.83	5.53
#8	133	723.52	5.44
Mes #2	848	4755.41	5.58

Nota.: La tabla muestra la cantidad de cascaras producidas en la panadería #1- Lilos's Coffee. Durante dos meses recolectadas semanalmente. Fuente: Elaboración propia

Durante un período de ocho semanas, se recolectaron un total de 1,470 cáscaras de huevo, con un peso acumulado de 8,360.27 g. El peso promedio por cáscara varió entre 5.44 g y 5.93 g. En la primera semana, se recolectaron 50 cáscaras de huevo, con un peso total de 290.5 g, lo que equivale a un peso promedio por cáscara de 5.81 g. La producción diaria fue baja, con un promedio de 7 cáscaras por día, lo que puede indicar que en esta semana la panadería tuvo un menor consumo de huevos o que no se registró la totalidad de los residuos generados.

Durante la segunda semana registró una ligera mejora con la recolección de 52 cáscaras, pesando 290.16 g, con un peso promedio por cáscara de 5.58 g. A pesar del aumento en la cantidad de cáscaras, se observó una leve reducción en el peso por unidad. La producción diaria se mantuvo estable, con un promedio de 7.4 cáscaras al día.

En la tercera semana se observó un incremento significativo en la producción de cáscaras, con 270 unidades recolectadas y un peso total de 1,541.7 g, resultando en un peso promedio por cáscara de 5.71 g. La recolección diaria ascendió a 38.5 cáscaras, lo que sugiere un mayor consumo de huevos en la panadería, posiblemente debido a un aumento en la demanda de productos horneados.

Se recolectaron 250 cáscaras, en la cuarta semana, con un peso total de 1,482.5 g, logrando el peso promedio por cáscara más alto hasta el momento: 5.93 g. La producción diaria fue de 35.7 cáscaras, lo que indica una leve disminución en cantidad con respecto a la semana anterior, pero con cáscaras de mayor tamaño o densidad.

Durante la semana cinco, la recolección fue de 262 cáscaras, con un peso total de 1,496.02 g, lo que representa un peso promedio por cáscara de 5.71 g. La producción diaria se mantuvo alta, con un promedio de 37.4 cáscaras al día, reflejando una continuidad en el alto consumo de huevos en la panadería.

La semana seis fue la semana con mayor producción de cáscaras, debido a la alta demanda de pasteles y bollería causada por las celebraciones de febrero, alcanzando 342 unidades recolectadas con un peso total de 1,922.04 g. El peso promedio por cáscara fue de 5.62 g, y la producción diaria aumentó hasta 48.8 cáscaras por día, sugiriendo un pico de actividad en la panadería.

En comparación con la semana previa, la recolección de cáscaras disminuyó notablemente, alcanzando un total de 111 unidades, con un peso conjunto de 613.83 g y un peso promedio de 5.53 g por cáscara. La producción diaria se redujo a 15.8 cáscaras, reflejando una menor demanda de huevos. Tras las festividades de febrero, como el Día del Amor y la Amistad, la producción de bollería y pastelería se estabilizó.

La producción mostró una leve recuperación, en la última semana, con 133 cáscaras recolectadas y un peso total de 723.52 g, dando un peso promedio por cáscara de 5.44 g. La recolección diaria fue de 19 cáscaras, lo que indica una estabilización después de la caída en la semana 7.

Tabla 3

Cantidades de Cáscaras Producidas

<i>Panadería #2 - Nau Coffee & Cake</i>			
<i>Semana</i>	<i>Cant. Cáscaras</i>	<i>Peso (g)</i>	<i>Peso/Cáscara</i>
#1	123	688.8	5.6
#2	117	644.67	5.51
#3	214	1200.54	5.61
#4	210	1226.4	5.84

Mes #1	664	3760.41	5.64
#5	212	1221.12	5.76
#6	268	1522.24	5.68
#7	256	1466.88	5.73
#8	196	1156.4	5.9
Mes #2	932	5366.64	5.77

Nota: La tabla muestra la cantidad de cascaras producidas en la panadería #2. Nau Coffee & Cake. Durante dos meses recolectadas semanalmente. Fuente: Elaboración Propia.

En esta panadería, se recolectaron un total de 1,596 cáscaras de huevo en ocho semanas, con un peso acumulado de 9,127.05 g. El peso promedio por cáscara varió entre 5.51 g y 5.9 g, mostrando una tendencia general de aumento en el peso unitario.

Durante la semana uno, se recolectaron 123 cáscaras de huevo, con un peso total de 688.8 g, lo que da un peso promedio de 5.6 g por cáscara. La producción diaria fue de 17.5 cáscaras, lo que sugiere un consumo moderado de huevos en la panadería.

En la semana dos se registró una leve disminución en la cantidad recolectada con 117 cáscaras, pesando 644.67 g, con un peso promedio por cáscara de 5.51 g, el más bajo del mes. La recolección diaria se redujo a 16.7 cáscaras, lo que podría indicar una menor producción de productos horneados.

La recolección aumentó significativamente, en el tercer mes, aproximadamente 214 cáscaras, con un peso total de 1,200.54 g y un peso promedio por cáscara de 5.61 g. La producción diaria ascendió a 30.5 cáscaras, lo que podría estar relacionado con una mayor demanda en la panadería.

Se recolectaron 210 cáscaras, durante la semana cuatro, con un peso total de 1,226.4 g, resultando en el peso promedio más alto hasta el momento: 5.84 g por cáscara. La producción diaria se mantuvo en 30 cáscaras, mostrando estabilidad en el consumo de huevos.

Durante la semana número 5, En esta semana se recolectaron 212 cáscaras, con un peso total de 1,221.12 g, y un peso promedio por cáscara de 5.76 g. La producción diaria se mantuvo estable, con un promedio de 30.3 cáscaras al día, lo que refleja continuidad en la producción de la panadería.

En la recolección de la semana seis se observó un incremento en la recolección, alcanzando 268 cáscaras con un peso total de 1,522.24 g, resultando en un peso promedio de 5.68 g por cáscara. La producción diaria subió a 38.3 cáscaras, estos datos permiten identificar una tendencia ascendente en la recolección, posiblemente asociada a factores como la estacionalidad, promociones comerciales o cambios en la producción.

En la semana siete, Se recolectaron 256 cáscaras, con un peso total de 1,466.88 g y un peso promedio por cáscara de 5.73 g. La recolección diaria se mantuvo alta, con 36.5 cáscaras al día, aunque con una leve reducción en comparación con la semana anterior.

Durante la semana 8 la producción disminuyó a 196 cáscaras, con un peso total de 1,156.4 g, pero se registró el peso promedio más alto del estudio: 5.9 g por cáscara. La recolección diaria fue de 28 cáscaras, lo que sugiere una disminución en el consumo de huevos, pero con cáscaras de mayor tamaño o densidad.

Tabla 4***Cantidades de Cáscaras Producidas***

<i>Panadería #3 - La Bendición</i>			
<i>Semana</i>	<i>Cant. Cáscaras</i>	<i>Peso (g)</i>	<i>Peso/Cáscara</i>
#1	185	1048.95	5.67
#2	173	967.07	5.59
#3	241	1383.34	5.74
#4	233	1314.12	5.64
<i>Mes #1</i>	<i>832</i>	<i>4713.48</i>	<i>5.66</i>
#5	237	1376.97	5.81
#6	311	1819.35	5.85
#7	193	1076.94	5.58
#8	179	1036.41	5.79
<i>Mes #2</i>	<i>920</i>	<i>5309.67</i>	<i>5.76</i>

Nota. La tabla muestra la cantidad de cáscaras producidas en la panadería #3. La bendición. Durante dos meses recolectadas semanalmente. Fuente: Elaboración Propia.

En esta panadería, se recolectaron un total de 1,752 cáscaras de huevo en ocho semanas, con un peso acumulado de 10,023.15 g. El peso promedio por cáscara osciló entre 5.58 g y 5.85 g, mostrando variaciones a lo largo del período.

En la semana 1 se recolectaron 185 cáscaras de huevo, con un peso total de 1,048.95 g, lo que da un peso promedio de 5.67 g por cáscara. La producción diaria fue de 26.4 cáscaras, indicando una actividad moderada en la panadería. Por otro lado, en la semana 2 Se recolectaron 173 cáscaras, con un peso total de 967.07 g, resultando en el peso promedio más bajo del mes:

5.59 g por cáscara. La recolección diaria se redujo a 24.7 cáscaras, lo que podría reflejar una menor producción en la panadería. En la semana 3 se observó un aumento en la producción con 241 cáscaras, alcanzando un peso total de 1,383.34 g y un peso promedio por cáscara de 5.74 g. La producción diaria ascendió a 34.4 cáscaras, lo que sugiere un mayor consumo de huevos. En la última semana del mes se recolectaron 233 cáscaras, con un peso total de 1,314.12 g y un peso promedio de 5.64 g. La recolección diaria se mantuvo estable en 33.3 cáscaras, mostrando un ritmo de producción constante. Durante el primer mes se recolectaron 832 cáscaras, con un peso acumulado de 4,713.48 g, y un peso promedio por cáscara de 5.66 g.

En la semana 5 la recolección aumentó a 237 cáscaras, con un peso total de 1,376.97 g, resultando en un peso promedio por cáscara de 5.81 g. La producción diaria fue de 33.8 cáscaras, lo que sugiere una continuidad en la actividad de la panadería. Se alcanzó el pico más alto en la semana 6, donde se recolectó 311 cáscaras, totalizando un peso de 1,819.35 g y un peso promedio por cáscara de 5.85 g, el más alto del período. La producción diaria fue de 44.4 cáscaras, indicando un incremento notable en la producción de panadería. Por otro lado, en la semana 7 se recolectaron 193 cáscaras, con un peso total de 1,076.94 g, resultando en el peso promedio más bajo del segundo mes: 5.58 g. La recolección diaria bajó a 27.6 cáscaras, lo que podría indicar una reducción en la demanda. Finalmente, en la última semana de recolección se obtuvo un total de 179 cáscaras, con un peso total de 1,036.41 g, registrando un peso promedio de 5.79 g. La producción diaria fue de 25.5 cáscaras, mostrando una ligera disminución en comparación con semanas anteriores.

Tabla 5

	<i>Industria Panadera</i>	<i>Parámetros de Medida</i>	<i>Mes 1</i>	<i>Mes 2</i>	<i>Total</i>	<i>Promedio</i>
Promedio						
Mensual de Cáscaras Totales	<i>Lilio's Coffee</i>	<i>Cáscaras (U)</i>	622	848	1470	735
		<i>Peso (g)</i>	3604.86	4755.41	8360.27	4180.14
		<i>Peso/U</i>	5.76	5.58	5.6675	5.67
Producidas por la Industria Panadera - San Ramón, Matagalpa	<i>Nau Coffee & Cake</i>	<i>Cáscaras (U)</i>	664	932	1596	798
		<i>Peso (g)</i>	3760.41	5366.64	9127.05	4563.53
		<i>Peso/U</i>	5.64	5.77	5.705	5.71
	<i>La Bendición</i>	<i>Cáscaras (U)</i>	832	920	1752	876
		<i>Peso (g)</i>	4713.48	5309.87	10023.35	5011.68
		<i>Peso/U</i>	5.66	5.76	5.71	5.71
	Total, Mensual (Recolectado)	<i>Cáscaras (U)</i>	2118	2700	4818	2409
		<i>Peso (g)</i>	12078.75	15431.92	27510.67	13755.34
		<i>Peso/U</i>	5.69	5.70	5.69	5.69

Nota: La tabla presenta el promedio mensual de cáscaras totales producidas por la Industria Panadera - San Ramón, Matagalpa. Fuente: Elaboración Propia.

El cuadro muestra la cantidad de cáscaras de huevo recolectadas en la industria panadera de San Ramón, Matagalpa, durante dos meses, proporcionando información clave sobre su peso y promedio mensual. A partir de estos datos, es posible analizar la producción de cada panadería y su aporte total.

En términos generales, durante el primer mes se recolectaron un total de 2,118 cáscaras de huevo con un peso de 12,078.75 gramos. En el segundo mes, la cantidad de cáscaras aumentó a 2,700 unidades, con un peso total de 15,431.92 gramos. Esto significa que, en el segundo mes, se observó un incremento del 27.5 % en la cantidad de cáscaras recolectadas en comparación con el mes anterior. Sumando ambos meses, se obtiene un total de 4,818 cáscaras con un peso acumulado de 27,510.67 gramos.

Al calcular el promedio mensual de recolección, se obtiene que cada mes se recolectan aproximadamente 2,409 cáscaras con un peso de 13,755.34 gramos. Este dato es fundamental para estimar la disponibilidad de materia prima en la producción del suplemento de carbonato de calcio, ya que permite prever la cantidad de cáscaras con la que se puede contar de manera constante.

Analizando cada panadería de forma individual, se observa que la panadería "La Bendición" es la que más contribuye a la producción de cáscaras, con un total de 1,752 unidades en dos meses, lo que da un promedio mensual de 876 cáscaras. Esto la convierte en la principal fuente de materia prima para el proyecto. Por su parte, "Nau Coffee & Cake" recolectó un total de 1,596 cáscaras, con un promedio mensual de 798 unidades, mientras que "Lilio's Coffee" tuvo la menor producción, con un total de 1,470 cáscaras y un promedio mensual de 735 unidades.

En cuanto al peso de las cáscaras, los valores registrados muestran una estabilidad en todas las panaderías. En promedio, cada cáscara tiene un peso de 5.69 gramos, lo que indica una uniformidad en las características del material recolectado. Sin embargo, hay pequeñas variaciones entre las panaderías. En el caso de "Lilio's Coffee", el peso promedio por cáscara es de 5.67 gramos, mientras que en "Nau Coffee & Cake" y "La Bendición" es de 5.71 gramos. A pesar de estas diferencias mínimas, el peso por cáscara se mantiene dentro de un rango muy estrecho, lo que sugiere que la calidad y el tamaño de las cáscaras son similares en todas las panaderías.

Otro aspecto relevante es la tendencia observada en el segundo mes. No solo hubo un incremento en la cantidad de cáscaras recolectadas, sino también un aumento en el peso total. Esto podría deberse a una mayor producción de pan en las panaderías o a una mejora en los métodos de recolección. Independientemente de la causa, esta tendencia es positiva, ya que sugiere que la disponibilidad de cáscaras podría continuar en aumento en los siguientes meses.

En conclusión, los datos reflejan que la industria panadera de San Ramón genera una cantidad significativa de cáscaras de huevo que pueden ser aprovechadas en la producción de carbonato de calcio. La recolección mensual promedio de más de 2,400 cáscaras representa una fuente constante de materia prima, con características homogéneas en términos de peso.

Además, el incremento observado en la producción del segundo mes indica que existe un potencial para obtener aún más cáscaras en el futuro. Con esta información, es posible planificar con mayor precisión la cantidad de suplemento alimenticio que se puede producir y evaluar la viabilidad del proyecto a largo plazo.

4.1.1.1. Análisis de Herramientas.

Tabla 6

Análisis de entrevista			
Panadería	La Bendición	Lilio's Coffee	Nau Coffee and Cake
Proveedor	Granja (Avícola "Los Jarquines")	Supermercado "La Estrella"	Supermercado "La Estrella"
Tipo de Huevo	Granja	Granja	Granja
Color	Blancos y Rojos	Blancos	Blancos
Tamaño	Median	Mediano	Mediano
Abastecimiento	Al menos una vez por semana	Al menos una vez por semana	Al menos una vez por semana

Precio/Cajilla (C\$)	165 - 180	166 - 180	167 - 180
Manejo de Cáscaras	Desecho	Desecho (posible uso como abono)	Desecho (posible uso como abono)
Registro de Peso	No	No	No
Almacenamiento de Huevos	No	Si (recipientes separados)	No
Almacenamiento de Cáscaras	Bodega con otros ingredientes	En cajillas sobre estantes o meses	En cajillas sobre estantes o meses

Nota: La tabla muestra el análisis de las entrevistas aplicadas en las tres industrias panaderas del municipio de san Ramon fuente: Elaboración propia.

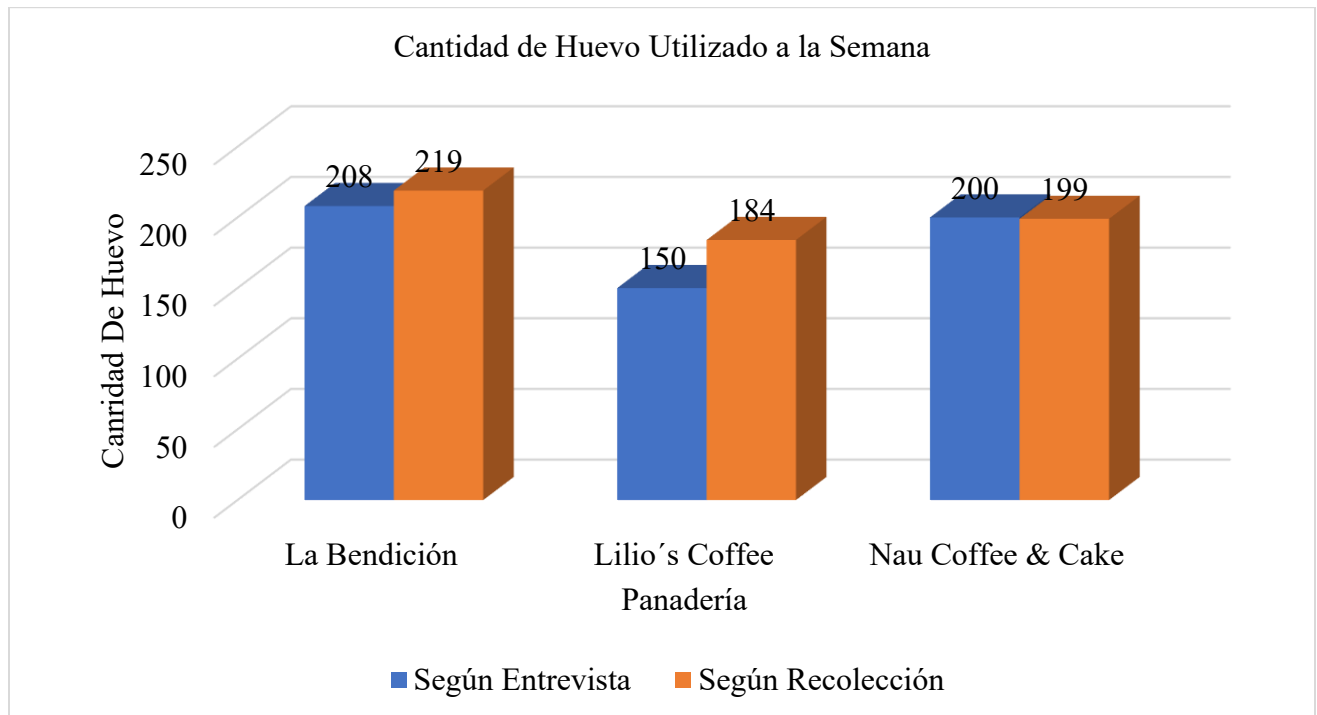
Las panaderías entrevistadas utilizan huevos de distintas fuentes y tipos. "La Bendición" emplea huevos de granja de la avícola "Los Jarquines", mientras que "Lilio's Coffee" y "Nau Coffee and Cake" obtienen huevos de corral del supermercado "La Estrella".

En cuanto al color, "La Bendición" usa huevos blancos y rojos (granja), mientras que las otras dos panaderías solo utilizan blancos (corral); el tamaño de los huevos utilizados es, en su mayoría, medianos. Todas las panaderías reciben huevos al menos una vez a la semana, cuyo precio por cajilla se encuentra en un rango entre los 165 C\$ y los 180 C\$.

En el manejo de residuos, todas las panaderías desechan las cáscaras de huevo. Sin embargo, "Lilio's Coffee" y "Nau Coffee and Cake" han mencionado su posible uso como abono. No llevan un registro del peso de las cáscaras generadas, y solo "Lilio's Coffee" las almacena en recipientes separados antes de desecharlas, lo que permite mejor control de residuos.

En términos de almacenamiento, "La Bendición" guarda los huevos en una bodega con otros ingredientes, mientras que "Lilio's Coffee" y "Nau Coffee and Cake" los almacenan en cajillas sobre estantes o mesas.

Gráfico 1.



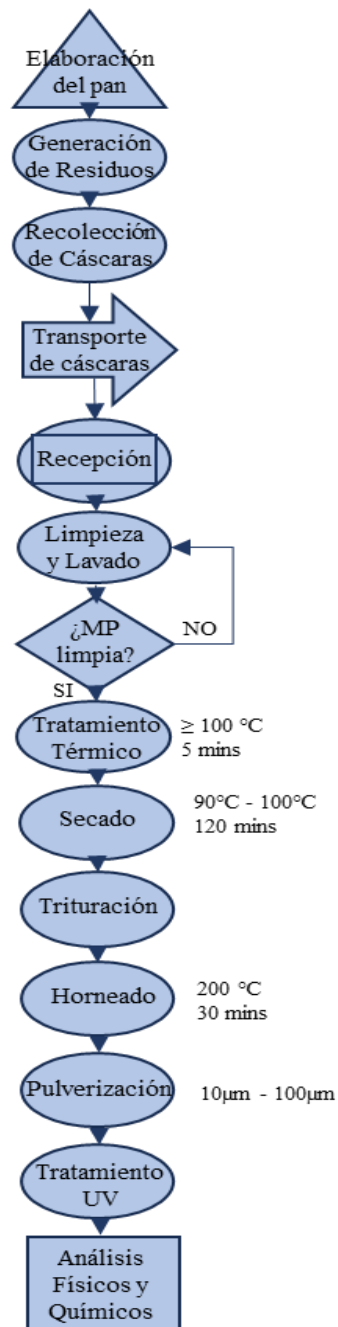
Nota: El gráfico muestra una comparación entre la cantidad de cáscaras de huevo producidas por la Industria Panadera – San Ramón, Matagalpa; según las entrevistas y la cantidad producida según Fuente: Elaboración Propia.

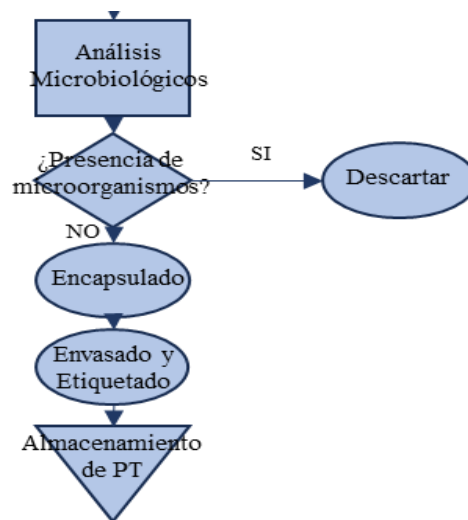
Los datos sobre la cantidad de cáscaras de huevo producidas por cada panadería varían. Mientras que en las entrevistas los panaderos proporcionaron un estimado basado en su percepción, la recolección de datos permitió obtener cifras más precisas. Además, esta variabilidad también se debe a factores estacionales, como las festividades. En particular, el segundo mes de recolección fue febrero, un periodo de alta demanda debido a las celebraciones, lo que llevó a un aumento en la producción y, por ende, en la generación de residuos.

4.1.2. Proceso de Elaboración de Carbonato de Calcio a Base de Cáscaras de Huevo de Gallina.

4.1.2.1. Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración de Carbonato de Calcio a Base de Cáscaras de Huevo de Gallina.

Gráfico 2. Diagrama de Flujo de Procesos – Carbonato de Calcio de Cáscaras de Huevo.





Nota: Diagrama de Flujo de Procesos Elaborado con la Simbología de ASME. Fuente: elaboración propia.

4.1.2.2. Descripción del Proceso.

4.1.2.2.1. Recolección de Materia Prima.

Las cáscaras de huevos de gallina que son desechadas junto con el resto de residuos, deben ser seleccionadas y separadas dentro de cada panadería, las cáscaras se recolectan en recipientes plásticos una vez por semana.

La valorización de residuos orgánicos, como las cáscaras de huevo, forma parte de las estrategias de economía circular en la agroindustria. La separación desde el origen garantiza la trazabilidad, reduce riesgos de contaminación cruzada y permite transformar un desecho en materia prima útil para la producción de ingredientes funcionales, alineado con principios de sostenibilidad.

4.1.2.2.2. Transporte de Materia Prima.

El transporte se realiza en dependencia a la cantidad de cáscaras recolectadas; los recipientes pueden ser baldes o bolsas plásticas. El traslado debe ser de manera que la materia prima recolectada de cada panadería no se mezcle o se confunda con el objetivo de tener una buena trazabilidad.

El transporte seguro y separado de los residuos orgánicos respeta las buenas prácticas de manejo posconsumo en la cadena agroindustrial. Mantener la trazabilidad es esencial para la calidad, inocuidad y control de lote, lo que facilita la certificación de procesos y productos.

4.1.2.2.3. Recepción de Materia Prima.

En este paso del proceso se realiza el pesaje y anotaciones importantes, tales como la procedencia, fecha de recolección, fecha de recepción, proveedor y observaciones necesarias sobre el estado de la cáscara.

El registro detallado permite cumplir con sistemas de gestión de calidad agroindustrial como HACCP e ISO 22000, fundamentales para garantizar la seguridad alimentaria. Además, ayuda a controlar variables críticas de producción e identificar fuentes potenciales de no conformidades.

4.1.2.2.4. Limpieza y Lavado.

Se eliminan los residuos orgánicos como la membrana interna de la cáscara de huevo, otros residuos que pudieron haberse adherido a la cáscara, manchas, y microorganismos, a través de un lavado con agua y un agente desinfectante, en este caso, se usa ácido acético.

La higiene en el tratamiento de subproductos agroindustriales es clave para prevenir riesgos microbiológicos. El uso de ácido acético como agente desinfectante es una práctica aprobada por organismos internacionales (como FDA) para limpieza de alimentos, y se integra al control preventivo de inocuidad en la cadena de procesamiento.

4.1.2.2.4. Tratamiento Térmico.

Las cáscaras, una vez completamente limpias, pasan a un tratamiento térmico que consta en sumergirlas en agua por encima de su punto de ebullición (≥ 100 °C), durante 5 minutos para asegurar que la mayor parte de los microorganismos sean eliminados.

La aplicación de calor húmedo es una técnica agroindustrial eficaz para reducir la carga microbiana. Esta etapa asegura que el producto cumpla con estándares microbiológicos requeridos para uso alimentario o nutracéutico.

4.1.2.2.5. Secado y Determinación de la Humedad por Gravimetría.

Se realiza el proceso de secado, el cual se hace a una temperatura entre 100 °C a 120°C, la materia prima es sometida al secado por un lapso de 120 minutos. Este proceso se lleva a cabo en un horno semiindustrial, con el objetivo de facilitar la trituración de este y obtener un carbonato de calcio más puro al eliminar cualquier tipo de materia orgánica que no haya sido eliminada en los procesos anteriores.

Posterior a la etapa del secado se realiza el método de determinación de humedad por gravimetría, donde se toma una muestra de la cascara de huevo antes del secado y luego esa misma muestra después del secado, aquí se emplea una fórmula para obtener el porcentaje de humedad.

El secado térmico en horno semiindustrial elimina humedad residual, previniendo proliferación de microorganismos y prolongando la vida útil del producto. La determinación de humedad por gravimetría es un método validado en laboratorios agroindustriales para controlar calidad y asegurar estandarización del proceso.

4.1.2.2.6. Trituración

En esta fase del proceso, el objetivo principal es transformar la cáscara de huevo, inicialmente en un tamaño grande, en partículas mucho más pequeñas. Esta reducción de tamaño es fundamental, ya que facilita el posterior proceso de molienda fina. Al descomponer la cáscara en fragmentos más pequeños, se logra una mayor eficiencia en la molienda.

La reducción de tamaño previa a la molienda fina es una operación unitaria básica en la agroindustria. Mejora la eficiencia energética del proceso y asegura una distribución más homogénea del producto, fundamental para aplicaciones farmacéuticas o alimenticias.

4.1.2.2.7. Horneado

Este proceso es de suma importancia dentro de la cadena de tratamiento de las cáscaras de huevo, ya que desempeña un papel crucial en la preparación del material para las siguientes etapas. Durante esta fase, las pequeñas partículas de cáscara de huevo son expuestas a una temperatura controlada de 200°C durante un período aproximado de 30 minutos en un horno semiindustrial. Este tratamiento térmico tiene como objetivo principal facilitar la pulverización de las cáscaras, al hacer que sus estructuras se vuelvan más quebradizas y fáciles de descomponer.

Aunque en este proceso se utiliza una temperatura moderada (200°C), el horneado contribuye a la eliminación final de compuestos orgánicos y mejora la biodisponibilidad del carbonato de calcio. Esta técnica se usa en agroindustria para activar propiedades funcionales de minerales de origen natural.

4.1.2.2.8. Molienda fina – pulverización

La molienda fina tiene como objetivo reducir el tamaño de las partículas hasta alcanzar la dimensión ideal para obtener un polvo uniforme y con partículas más pequeñas. Este proceso es esencial para asegurar que el material sea apto para su posterior encapsulado y envasado. El tamaño de las partículas resultantes varía entre 10 μm y 100 μm , ya que no se utiliza un tamiz para su clasificación.

La molienda fina asegura una mayor superficie específica, lo que favorece la absorción intestinal en suplementos alimenticios. El control del tamaño de partícula es una práctica estándar

en la producción agroindustrial de aditivos y excipientes para la industria alimentaria y farmacéutica.

4.1.2.2.9. Tratamiento UV

En esta etapa del proceso, el carbonato de calcio obtenido en la fase anterior es expuesto a rayos ultravioleta con el propósito de eliminar cualquier microorganismo que haya podido resistir los tratamientos de desinfección o esterilización previos. La aplicación de luz UV en la agroindustria es una técnica de desinfección sin residuos químicos, efectiva para reducir la carga microbiana en productos secos. Cumple con los principios de procesamiento mínimo y preservación de la calidad sin comprometer la funcionalidad del producto.

4.1.2.2.10. Determinación de parámetros Fisicoquímicos

La determinación de los parámetros fisicoquímicos del carbonato de calcio implica llevar a cabo los análisis correspondientes en laboratorio, evaluando aspectos como el pH, los grados Brix y la humedad. El objetivo de estos análisis es asegurar que el carbonato de calcio cumpla con las especificaciones estándar o los requisitos establecidos para este compuesto.

El análisis de parámetros como pH, grados Brix (opcional para detectar sólidos solubles) y humedad es una exigencia normativa en la agroindustria. Estos controles aseguran que el producto cumpla con requisitos de calidad, pureza y estabilidad para su posterior distribución comercial.

4.1.2.2.11. Análisis microbiológicos

Esta etapa es fundamental en todo el proceso de obtención del carbonato de calcio, ya que se lleva a cabo un análisis para detectar la presencia de microorganismos en el producto, tales como *salmonella*, *E. coli*, *campylobacter*, *mohos*, entre otros. El procedimiento consiste en tomar una muestra para realizar un cultivo en laboratorio, con el fin de identificar si estos

microorganismos están presentes. Si los resultados del análisis son positivos, el lote debe ser descartado; en caso contrario, si los resultados son negativos, el proceso continúa con normalidad.

Cumplir con los límites microbiológicos establecidos por normativas nacionales e internacionales (por ejemplo, Codex Alimentarius, FDA o normas ISO) es indispensable para garantizar la inocuidad del suplemento. Estos análisis permiten proteger la salud del consumidor y asegurar la legalidad del producto en el mercado.

4.1.2.2.12. Envasado y encapsulado

Finalmente, si el carbonato de calcio se encuentra libre de cualquier patógeno, se procede al proceso de envasado. En esta etapa, se distribuye la cantidad adecuada de producto en cada frasco, normalmente de 100 gramos. Además, se realiza el encapsulado del carbonato de calcio, donde cada cápsula contiene 1 gramo. Posteriormente, las cápsulas se envasan en frascos que contienen 90 unidades de CaCO_3 . Durante el proceso de encapsulado, se emplean rayos ultravioletas para facilitar el sellado de las cápsulas, asegurando así su correcta integridad.

El encapsulado controlado permite dosificación precisa y mejora la biodisponibilidad del suplemento. Las tecnologías de envasado con luz UV y atmósferas controladas son tendencias en la agroindustria para aumentar la estabilidad del producto, prevenir contaminación y alargar su vida útil.

4.1.2.2.13. Etiquetado

Se realiza el etiquetado de los frascos con la información necesaria, de acuerdo al Codex alimentarios y la ley N°. 292. Ley de Medicamentos y Farmacias, el frasco debe contener la siguiente información:

- Indicaciones de almacenamiento
- Advertencias de uso

- Recomendaciones
- Nombre de la empresa de manufactura
- Donde se elabora
- Código de barra
- Nombre del producto
- Servicios o cantidad
- Tabla nutricional
- Información del producto (usos del suplemento)
- Información de contacto (redes sociales)

El etiquetado conforme a la normativa (Codex Alimentarius y legislación nacional como la Ley N.º 292) asegura la transparencia, la trazabilidad y el cumplimiento legal del producto. Es un requisito agroindustrial obligatorio para comercialización tanto en mercados locales como internacionales.

4.1.2.2.14. Almacenamiento de PT

El almacenamiento de producto terminado, en este caso el carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo de gallina, requiere cumplir con ciertas condiciones para garantizar su calidad, seguridad y eficacia como suplemento alimenticio. Debe almacenarse en un lugar fresco y seco, con temperaturas que oscilen entre 15°C y 25°C. A su vez, evitar temperaturas extremas (muy altas o muy bajas), ya que pueden afectar la estabilidad del producto. Es crucial mantener la humedad relativa por debajo del 60%, ya que la humedad elevada podría afectar la calidad del carbonato de calcio, provocando aglomeraciones o alteraciones en su efectividad y estabilidad.

El área de almacenamiento debe ser bien ventilada para evitar la acumulación de gases que puedan alterar la calidad del producto. El CaCO_3 debe almacenarse en un lugar protegido de la luz solar directa, que podría degradar algunos componentes del suplemento.

El control de condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad y luz) evita la degradación del producto, garantizando su calidad a lo largo del tiempo. Estas prácticas responden a normativas de conservación posproducción establecidas por sistemas de gestión agroalimentaria como BPM y HACCP.

4.1.3. Resultados de Análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del Carbonato de Calcio

Obtenido de las Cáscaras de Huevo.

4.1.3.1. Análisis Físico-Químicos.

Tabla 7

4.1.3.1.1. Potencial de Hidrógeno (pH).

Ph	1	2	3	4	5	6	7	Media
1gr CaCO_3/ 50 ml H_2O	9.77	9.75	9.81	9.83	9.85	9.80	9.80	9.80

Nota: La tabla presenta el Potencial de Hidrógeno (pH) encontrado en el Carbonato de Calcio obtenido de las cáscaras de huevo. Fuente: Elaboración Propia.

En la práctica de laboratorio, se llevaron a cabo siete mediciones del pH del carbonato de calcio extraído de cáscaras de huevo, con el objetivo de determinar sus propiedades ácidas o básicas. Para realizar las mediciones, se disolvió 1 gramo de CaCO_3 en 50 ml de agua destilada en un vaso de precipitados. Posteriormente, se empleó un medidor de pH para evaluar el potencial de hidrógeno de la muestra en siete ocasiones, asegurando que se tomaran mediciones precisas y consistentes. Los resultados obtenidos arrojaron un valor promedio de 9.80, lo que sugiere que el

carbonato de calcio tiene un pH alcalino, confirmando que la sustancia presenta una naturaleza básica en solución acuosa. Estos datos refuerzan la característica básica del carbonato de calcio, lo que tiene implicaciones en su uso en diversos procesos químicos y biológicos.

4.1.3.1.2. Porcentaje de Humedad

$$HUMEDAD (\%): \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

$$HUMEDAD (\%): \frac{10 - 9.8}{10} \times 100$$

$$HUMEDAD (\%): 0.2 \%$$

En la práctica de laboratorio se realizó la determinación de humedad por gravimetría, con el objetivo de determinar el contenido exacto de la humedad del carbonato de calcio puesto que es importante para garantizar la calidad de los procesos generalmente en diversas industrias. El nivel de humedad puede afectar al periodo de conservación, la capacidad de procesamiento y la calidad de los productos. El contenido de humedad influye en el peso, la densidad, la viscosidad, el índice de refracción.

Se tomó una muestra de carbonato de calcio con un peso inicial de 10 gr la cual se sometió a una temperatura de 105 ° C durante 4 horas, la muestra se pesó en un intervalo de tiempo de cada 30 minutos después de 1 hora transcurrida, para asegurar que toda la humedad haya sido eliminada.

Tabla 8

Pesaje de la Muestra de Carbonato de Calcio

Hora	5.00pm	6.00pm	6.30pm	7.00pm	7.30pm	8.00pm	8.30pm	9.00pm
Peso (gr)	10.0gr	10.0gr	10.0gr	10.0gr	9.9gr	9.9gr	9.8gr	9.8gr

Nota: La tabla muestra la variación en gramos del carbonato de calcio en los diferentes pesajes cada 30 minutos durante 4 horas en una temperatura de 105° C. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.1.2. Grados Brix

Tabla 9

Determinación de Densidad y Dulzor del Carbonato de Calcio

Parámetro	Valor	Observación
BRIX %	1	Representa el dulzor
SG Wort	1.005	Representa la densidad

Nota: La tabla muestra el dulzor y la densidad encontradas en el carbonato de calcio, determinadas a través del refractómetro. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.1.4. Pureza.

Determinación de calcio por titulación

La titulación con ácido etilendiaminotetraacético EDTA y murexida se utiliza para determinar la cantidad de calcio en una muestra, utilizando el cambio de color del indicador murexida para detectar el punto final de la reacción entre el calcio y el EDTA. La murexida se convierte de rosa a púrpura a medida que el calcio forma un complejo con el EDTA.

Procedimiento

- Solución de NaOH 4N: Disolver 16 g de NaOH en agua destilada y aforar a 100 ml.
- Indicador de Murexida: Mezclar 0.5 g de murexida en 50 g de K₂SO₄(ac).
- Solución de EDTA 0.01N: Disolver 2 g de EDTA (sal disódica) y 0.05 g de MgCl₂ · 6H₂O en agua destilada y aforar a 1000 ml.
- Solución de CaCO₃ 0.01N: Disolver 0.5 g de CaCO₃ secado a 100 °C durante 2 horas y disolverlo en 10 ml de HCl 3N. Aforarlo a 1000 ml con agua destilada.

- Colocar 5 ml de muestra de la solución de CaCO_3 0.01 N en un matraz erlenmeyer de 125 ml, añadirle 5 gotas de NaOH 4N, enseguida agregarle 50 mg de Murexide y finalmente titular con EDTA (sal disódica) hasta un cambio de vire de rosa a púrpura.

Procedimiento:

- Colocar una alícuota de 5 ml. De agua en un matraz E.M. de 125 ml.
- Agregar 5 gotas de NaOH 4N.
- Añadir 50 ml. De murexida .
- Titular con EDTA 0.01 N. Hasta el vire rosa-púrpura.

Tabla 10

Cantidad de Mililitros de EDTA Usados Para Determinar La Pureza del CaCO_3

Muestra	1	2	3	4	Media
Solución de EDTA Usada (ml)	2.6	2.6	3.1	2.9	2.8

Nota: La tabla presenta la cantidad de mililitros de la solución EDTA utilizados para virar la solución de Murexida, con el fin de encontrar la pureza del Calcio. Fuente: Elaboración Propia.

$$\text{Meq/lt de } \text{Ca}^{++}: \frac{VxNx1000}{M}$$

Donde:

V= ml gastados de la solución de EDTA.

N= Normalidad de la solución de EDTA.

M= ml de muestra de agua utilizada.

$$\text{Meq/lt de } \text{Ca}^{++}: \frac{2.8x0.01x1000}{5}$$

Meq/lit de Ca^{++} : 5.6

Según Drugs.com, (2025) 1 mEq de Ca^{2+} = 20 mg de calcio elemental. Lo cual quiere decir que el resultado obtenido mediante la sustitución de la formula, la pureza del carbonato de calcio encontrada es de 5.6 Meq/lit de Ca, lo que equivale a 112 mg de Ca^{2+} /L. Esto quiere decir que una capsula de 1000mg de carbonato de calcio que contiene 224 mg de calcio puro.

4.1.3.2. Análisis Microbiológicos.

4.1.3.2.1. Conteo de Bacterias y Coliformes – Presencia de Hongos y Levaduras.

Según los resultados emitidos por el Laboratorio Regional de Higiene y Epidemiología SILAIS Matagalpa, se analizaron tres muestras del suplemento de carbonato de calcio, tomadas de las partes externa, interna y media del frasco en estudio. Las muestras fueron recolectadas el 25 de marzo de 2025, recibidas por el laboratorio el 26 de marzo y procesadas hasta el 29 de marzo. Los resultados indicaron que no se observó crecimiento bacteriano en ninguna de las muestras analizadas, lo que respalda la inocuidad del producto. *(Ver anexo 16, 17 y 18).*

CAPITULO V

5.1. Conclusiones

A través de la cuantificación de las cáscaras de huevo generadas en el primer semestre de 2025, se logró comprobar que la cantidad de este residuo recolectado entre las 3 panaderías es de 27.51 kg de cascara de huevos total en los 2 meses de recolección, para un promedio mensual de 13.75 kg. Esta cantidad pone en evidencia el potencial de este subproducto como materia prima en procesos agroindustriales, tales como la implementación de nuevas ideas orientadas a la obtención de productos con valor agregado.

Se logró diseñar el proceso de extracción de carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo de gallina para la elaboración del suplemento alimenticio de calcio, lo que resultó ser una estrategia eficaz para reducir el impacto ambiental y mejorar la gestión de los residuos generados por la industria panadera local. En este proceso se aplican fundamentos agroindustriales como la recolección y clasificación higiénica del residuo, su secado y trituration controlada, y técnicas de esterilización térmica, lo que permite transformar un desecho en un producto de valor agregado, promoviendo la sostenibilidad y el aprovechamiento eficiente de los recursos.

En cuanto a la calidad del suplemento alimenticio, se logró caracterizar con la implementación de los análisis físico-químicos realizados al carbonato de calcio extraído de las cáscaras de huevo muestran su aptitud para el consumo humano. Se determinó un pH de 9.8, un porcentaje de humedad de 0.2 %, una densidad de 1.005 g/cm³ y un dulzor perceptible del 1 %, lo que indica estabilidad y pureza en el producto final. Además, se comprobó que cada cápsula de 1000 mg de carbonato de calcio contiene aproximadamente 224 mg de calcio puro, lo que confirma su eficacia como suplemento nutricional. Estos resultados, junto con pruebas microbiológicas que descartan la presencia de agentes patógenos, garantizan un producto seguro y funcional

5.2. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto y considerando las limitaciones enfrentadas durante la fase experimental, se plantean a continuación una serie de recomendaciones orientadas a optimizar el proceso de producción del carbonato de calcio a partir de cáscaras de huevo. Estas sugerencias buscan mejorar la calidad del producto final, aumentar su eficacia como suplemento alimenticio, y asegurar la viabilidad técnica y económica.

En cuanto al proceso de producción, se recomienda la incorporación de una etapa de tamizado con el fin de eliminar posibles impurezas y mejorar tanto el aspecto como la calidad final del carbonato de calcio. Este paso contribuiría a obtener un producto con mayor pureza y uniformidad, optimizando su presentación y eficacia como suplemento alimenticio. Esta recomendación está dirigida a investigadores o futuros tesisistas que continúen la línea de investigación sobre la obtención de carbonato de calcio a partir de cáscaras de huevo.

Es fundamental también recomendar un estudio de biodisponibilidad, ya que este análisis permitirá determinar qué cantidad del carbonato de calcio presente en las cápsulas es realmente asimilable por el cuerpo humano como calcio. Este estudio es esencial para validar la eficacia del suplemento y asegurar que el producto sea beneficioso para los consumidores, como emprendedores o microempresas del sector alimentario o farmacéutico interesados en desarrollar suplementos alimenticios que requieran asegurar la calidad y seguridad alimentaria.

Es fundamental realizar un análisis detallado de costos de producción, ya que permite evaluar la rentabilidad del suplemento alimenticio y optimizar el uso de los recursos involucrados. Este análisis ayuda a establecer precios adecuados, garantizar la sostenibilidad económica del proyecto y tomar decisiones estratégicas para su desarrollo, teniendo en cuenta que esta recomendación está dirigida también a emprendedores o microempresas del sector alimentario

Por otro lado, dado que el carbonato de calcio se obtiene a partir de cáscaras de huevo, es esencial asegurar la calidad de esta materia prima. Para ello, se recomienda la implementación de un sistema de análisis de puntos críticos de control (HACCP), que permita identificar y gestionar riesgos durante todo el proceso de elaboración, garantizando así la seguridad alimentaria y la calidad del producto final. Estas recomendaciones también pueden servir como base para cumplir con normativas sanitarias y de calidad si el producto se lleva al mercado a instituciones académicas o centros de investigación sanitarias o reguladoras (indirectamente), aunque no son el público directo.

5.3. Bibliografía

- (2024). Obtenido de Eide.net: <https://eide.net/industria-panificadora/>
- Agronomía Mesoamericana. (2022). Universidad de Costa Rica. *Calidad microbiológica y fisicoquímica y sabor de huevos de gallina de producción convencional o pastoreo* 1, 1-18. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/437/43768481021/html/>
- Aguilar Funes, A. (19 de Mayo de 2021). *Gastrolab*. Obtenido de Gastrolab: <https://www.gastrolabweb.com/saludable/2021/5/19/asi-puedes-hacer-paso-paso-el-polvo-de-cascara-de-huevo-para-aprovechar-sus-beneficios-10345.html>
- Aguilar Parra, O. M., Carrasquilla, L. M., & Garzón, C. (abril de 2019). *Manejo ambiental en panadería : ISUU*. Obtenido de isuu.com: https://issuu.com/luzmarinacarrasquilla/docs/cartilla_manejo_ambiental_en_panad
- Alimentos*. (2024). Obtenido de <https://alimentos.org.es/yema-huevo>
- Arango, K. (2025). *Psicocode*. Obtenido de <https://psicocode.com/ciencia/investigacion-descriptiva/>
- Autor Anónimo. (19 de julio de 2012). *sites.google*. Obtenido de sites.google.com: <https://sites.google.com/site/residuossolidos13/almacenamiento-de-residuos-solidos>
- AviNews. (octubre de 2019). *Manejo y Bienestar Nutrición Animal: AviNews*. Obtenido de avinews.com: <https://avinews.com/calidad-de-la-cascara-del-huevo/>
- Bedoya Salazar, A., & Valencia González, M. P. (2020). *Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (Gallus gallus domesticus): Una revisión sistemática*. Medellín: Universidad de Sucre, Colombia.
- Burga Jacobi, P. N. (2018). *Cybertesis*. Obtenido de Cybertesis.unmsm.edu.pe: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/8805>
- Carbotecnia. (01 de Octubre de 2021). *Bacterias coliformes en el agua potable*. Obtenido de Carbotecnia.info: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/bacterias-coliformes-en-el-agua-potable/>
- Caseres Choque , L. F. (2013). *Determinacion de calcio en agua naturales y residuales*.
- Casiano, Y. P. (17 de abril de 2022). *Universidad Nacional abierta y a distancia*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/57926>
- Castañeda, M., & Stechina, D. E. (Octubre de 2013). *Alternativa ecoeficiente para el aprovechamiento de cáscara de huevo, residuo derivado de la industria de ovoproductos*. Obtenido de Sedici.unlp.edu.ar: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/49186/Documento_completo.pdf?sequence=3

- Catalan Monroy, W. A. (noviembre de 2020). *Desarrollo de tortilla de harina de maíz (Zeas maiz) nixtamalizada fortificada con calcio a aprtir de la cascara de huevo*. Obtenido de bdigital.Zamorano.edu:
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/48aa10ee-38c3-4e82-a5e4-d26e7df82cd8/content>
- Cavada Chacon, G. (Enero de 2019). Obtenido de https://www.uandes.cl/wp-content/uploads/2019/01/bioestadistica_investigacion_gcavada.pdf
- CDC, U. (10 de Mayo de 2024). *Campylobacter infection*. Obtenido de cdc.gov:
<https://www.cdc.gov/campylobacter/about/index.html>
- Chang, A. (2020). *La importancia de la nutrición para la calidad de la cáscara de huevo en reproductoras de pollos de engorde*. Obtenido de aviagen.com:
https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/RossNote-EggShellQuality-2020-ES.pdf
- Clinica Univerdad de Navarra. (2023). Obtenido de Clinica Universidad de Navarra:
<https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/acido-etilendiaminotetraacetico-edta>
- Codex Alimentarius. (2021). Obtenido de https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B2-1985%252FCXG_002s.pdf
- Comite Nacional Olimpico de Costa Rica. (2023). Obtenido de <https://www.concrc.org/huevo-de-gallina-partes-y-valor-nutricional/>
- COMMISSION, C. A. (1976). *Código de prácticas de higiene para los huevos y los productos de huevo*. Obtenido de ipsa.gob.ni:
<https://www.ipsa.gob.ni/Portals/0/1%20Inocuidad%20Alimentaria/Normativas%20Generales/Huevo%20y%20productos%20del%20huevo%20CAC%20RCP%2015%201976.pdf>
- CTNC, C. T. (19 de 04 de 2021). *La importancia de los tratamientos térmicos en la conservación de los alimentos*. Obtenido de ctnc.eu: [https://www.ctnc.eu/la-importancia-de-los-tratamientos-termicos-en-la-conservacion-de-los-alimentos/#:~:text=El%20tratamiento%20t%C3%A9rmico%2C%20aplicado%20a,baja%20acidez%20\(pH%20igual%20o](https://www.ctnc.eu/la-importancia-de-los-tratamientos-termicos-en-la-conservacion-de-los-alimentos/#:~:text=El%20tratamiento%20t%C3%A9rmico%2C%20aplicado%20a,baja%20acidez%20(pH%20igual%20o)
- Cuizano Alvaron, J. L. (2023). *Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion*. Obtenido de <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/8308/Tesis--Repositorio.pdf?sequence=1>
- Curadas.com. (21 de octubre de 2020). Obtenido de <https://curadas.com/2020/10/21/diferencias-entre-los-huevos-color-de-las-cascaras-de-huevo/>
- Darwin. (2024). *Investigacion cientifica.org*. Obtenido de <https://investigacioncientifica.org/que-es-la-investigacion-experimental/>
- Dobado , J. (2024). Obtenido de De Quimica: <https://www.dequimica.info/acido-clorhidrico/>

- Drugs.com. (05 de mayo de 2025). *Calcium salts (monograph)*. Obtenido de Drugs.com: <https://www.drugs.com/monograph/calcium-salts.html>
- Drugs.com. (17 de Abril de 2025). *Carbonato de Calcio*. Obtenido de Drugs.com - Know more. Be sure: <https://www.drugs.com/inactive/calcium-carbonate-194.html>
- DuocUC. (06 de Agosto de 2024). *Investigacion aplicada, innovacion y transferencia*. Obtenido de DuocUC: <https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/definicion-proposito-investigacion-aplicada>
- EDU.LAT. (2018). Obtenido de <https://definicion.edu.lat/concepto/poblacion-estadistica.html>
- ELIKA, F. (08 de Julio de 2024). *Salmonella*. Obtenido de seguridadalimentaria.elika.eus: <https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/salmonella/>
- Espinoza, E. (2016). *Universo, muestra y muestreo*. Honduras: Unidad de Investigación Científica de la Facultad de Ciencias Medicas (UICFCM).
- Europán. (25 de julio de 2019). *Diferencias entre el pan artesanal e industrial: Europán*. Obtenido de blog.europán.mx: <https://blog.europán.mx/diferencias-pan-artesanal-pan-industrial#:~:text=El%20pan%20artesanal%20se%20elabora%20cada%20d%C3%ADa%20con%20ingredientes%20naturales,de%203%20a%205%20d%C3%ADas.>
- F. Zarza, L. (2019). *iagua*. Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>
- FAO, F. (2005). *EVALUACIONES DE RIESGOS DE SALMONELLA EN HUEVOS Y POLLOS PARA ASAR: RESUMEN INTERPRETATIVO*. Obtenido de fao.org: <https://www.fao.org/4/y4393s/y4393s07.htm>
- FBKMexico. (2024). Obtenido de <https://fbkmexico.com/conservacion-de-alimentos-mediante-radiacion-ultravioleta/>
- FENAVI.org. (septiembre de 2015). *Federacion Nacional de Avicultores Colombia*. Obtenido de Investigacion en el procesamiento de huevo, ovoproductos y tendencias de consumo: <https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/02/4.1.-Valor-Nutricional.pdf>
- FITIA. (s.f.). *Informacion Nutricional del huevo*. Obtenido de FITIA: <https://fitia.app/es/calorias-informacion-nutricional/huevo-yema-11526/>
- Fonteneau, L. (01 de Julio de 2022). *Acide acétique : vinaigre, utilisations, c'est quoi ?* Obtenido de Le Journal Des Femmes - Santé: <https://sante.journaldesfemmes.fr/fiches-medicaments/2829215-acide-acetique-vinaigre-utilisations-sante-definition/>
- Gallinas y más. (2024). Obtenido de <https://gallinasyamas.com/huevos-organicos-vs-huevos-normales-diferencia/>
- Gao, Y., & Xu, C. (1 de agosto de 2012). *Synthesis of dimethyl carbonate over waste eggshell catalyst: Science Direct*. Obtenido de sciencedirect.com: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092058611100825X>

- Glosario.Servidor . (11 de 01 de 2019). *Pureza*. Obtenido de glosario.servidor-alicante.com:
<https://glosarios.servidor-alicante.com/quimica/pureza>
- Gobierno de México. (29 de septiembre de 2017). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: Gobierno de México*. Obtenido de gob.mx:
<https://www.gob.mx/siap/articulos/huevo-blanco-o-huevo-rojo-el-color-importa#:~:text=El%20color%20de%20la%20c%C3%A1scara,la%20coloraci%C3%B3n%20de%20la%20c%C3%A1scara.>
- Goicoa, V., & Pinto, M. (6 de enero de 2014). *Desarrollo de pintura industrial a base de cáscara de huevo: Revista Vivienda*. Obtenido de revistavivienda.com.ar:
<http://www.revistavivienda.com.ar/empresas/novedades-del-mercado/desarrollo-de-pintura-industrial-a-base-de-cascara-de-huevo>
- Gottao, G. (21 de Diciembre de 2013). *Vitónica*. Obtenido de
<https://www.vitonica.com/alimentos/clara-de-huevo-pura-proteina-y-algo-mas>
- Guía-Profi. (23 de septiembre de 2022). *Gestión de residuos industriales: cómo llevarla a cabo correctamente*. Obtenido de jungheinrich-profishop.es: <https://www.jungheinrich-profishop.es/es/guia-profi/gestion-de-residuos-industriales/#:~:text=Dentro%20de%20estas%20actividades%20se,consecuencia%20de%20una%20actividad%20industrial.>
- Higginson, T. S. (2017). *La ciencia de la calidad del huevo*. Obtenido de Hy-Line Boletín Técnico: <https://www.hyline.com/ViewFile?id=88df674d-2faf-411b-a883-d64770fcb740>
- Huevo, I. d. (2023). *Instituto de Estudios del Huevo*. Obtenido de
<https://www.institutohuevo.com/composicion-nutricional-del-huevo/>
- Hy-Line, Boletín Técnico. (09 de julio de 2018). Obtenido de Ergomix:
https://www.engormix.com/avicultura/minerales-avicultura/ciencia-calidad-huevo_a48796/
- Industrial Limpiezas Morga. (4 de diciembre de 2020). *Como transportar residuos organicos - Blog: Industrial Limpiezas Morga*. Obtenido de industrial.limpiezasorga.es:
<https://industrial.limpiezasorga.es/blog/como-transportar-residuos-organicos/#:~:text=Cami%C3%B3n%20Volquete,transportar%20residuos%20org%C3%A1nicos%20a%20granel.>
- INFOCAMPO. (5 de enero de 2021). *Cáscara de huevo, una forma económica y ecológica de beneficiar a las plantas y el suelo: Infocampo*. Obtenido de infocampo.com.ar:
<https://www.infocampo.com.ar/la-cascara-de-huevo-una-forma-economica-y-ecologica-de-beneficiar-a-las-plantas-y-el-suelo/#:~:text=Se%20debe%20triturar%20la%20c%C3%A1scara,cultivos%20a%20prevenir%20la%20podredumbre.>
- INSADes. (2018). *INSA Des*. Obtenido de insades.com: <https://insades.com/importancia-transporte->

residuos/#:~:text=La%20diversidad%20de%20deshechos%20exige,Prensas%20verticales.

Instituto de Estudios del Huevo. (2023). Obtenido de https://www.institutohuevo.com/estructura_huevo/

jesus.com. (17 de abril de 2025). *Carbonato de Calcio*. Obtenido de osajdm.com: <https://www.drugs.com/inactive/calcium-carbonate-194.html>

Jorda, G. B., Marucci, R. S., Guida, A. M., Pires, P. S., & Manfredi, E. A. (18 de Noviembre de 2011). *Portación y caracterización de Staphylococcus aureus en manipuladores de alimentos*. Obtenido de Scielo: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-75412012000200009

Larrosa, A. (13 de abril de 2020). *Qué son los grados Brix y cómo medirlos*. Obtenido de Larrosa-arnal.com: <https://www.larrosa-arnal.com/blog/que-son-los-grados-brix-y-como-medirlos/>

Legislación de Nicaragua . (04 de mayo de 2010). Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/\(%24All\)/7DCB76C06DF62D1806257736007676D0](http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/(%24All)/7DCB76C06DF62D1806257736007676D0)

López Alonso, A. (2009). *Cómo medir fracciones de huevo cuando adaptas las cantidades de una receta*. Obtenido de abc.es/derechupete: <https://www.abc.es/recetasderechupete/como-medir-fracciones-de-huevo-cuando-adaptas-las-cantidades-de-una-receta/34685/>

Martínez , M. (3 de Junio de 2024). *¿Por qué utilizamos huevo en la panadería y repostería?* Obtenido de Culinaria Mexicana: <https://www.culinariamexicana.com.mx/huevo-panaderia/>

Martínez, J. M. (29 de octubre de 2017). Falta cultura del reciclaje porque no la hay para separar basura. (H. Mora, Entrevistador)

Medline Plus. (20 de Mayo de 2021). *Moho*. Obtenido de Medlineplus.gov: <https://medlineplus.gov/spanish/molds.html>

MedlinePlus. (19 de 1 de 2023). *Calcio en la Dieta*. Obtenido de Medlineplus.gov: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002412.htm>

Monferrer Ballester, A., & Cubero Esquinas, N. (29 de Marzo de 2010). *Patents*. Obtenido de Patents: <https://patents.google.com/patent/ES2327087B2/es>

Mongin, P. (1978). *Acid-Base Balance During Eggshell Formation*. New York: Springer-Verlag.

Morsmal. (2019). Obtenido de Ácidos bse y la escala del pH: http://morsmal.no/wp-content/uploads/2019/04/Syrer_og_baser_og_pH-skalaen_spansk_uu.pdf

MPCB. (10 de 04 de 2020). *Calcio de cáscaras de huevo para perros y gatos: Mi Perro Come Barf*. Obtenido de miperrocomebarf.com: <https://miperrocomebarf.com/receta-calcio-de->

cascaras-de-huevo-para-perros-y-gatos/#:~:text=Dosis%20e%20indicaciones,por%20cada%201.000%20Kcal%20consumidas.

MYM. (03 de noviembre de 2023). Obtenido de <https://www.myminstrumentostecnicos.com/equipos-de-laboratorio/contenido-de-humedad-en-alimentos-y-productos/>

National Surveillance of Bacterial Foodborne Illnesses (Enteric Diseases). (10 de Octubre de 2024). Obtenido de https://www.cdc.gov/national-enteric-surveillance/about/index.html?CDC_AAref_Val=https://www.cdc.gov/nationalsurveillance/PDFs/NationalSalmSurveillOverview_508

NEOGEN. (01 de Febrero de 2023). *Microorganismos - Coliformes*. Obtenido de NEOCENTER: <https://www.neogen.com/es/neocenter/blog/microorganisms-coliforms/>

New York State. (Agosto de 2013). *Información acerca de los mohos*. Obtenido de New York State - Department of healthy: https://www.health.ny.gov/publications/7287/7287_es.htm

Nolan, L. K. (Noviembre de 2019). *Colibacilosis en aves de producción*. Obtenido de Manual de MSD - Manual de veterinaria: <https://www.msdsvetmanual.com/es/avicultura/colibacilosis-colisepticemia-infecci%C3%B3n-por-escherichia-coli/colibacilosis-en-aves-de-producci%C3%B3n>

Nutrición y comida saludable. (1 de noviembre de 2022). Obtenido de Mayo Clinic: <https://www.mayoclinic.org/es/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/in-depth/calcium-supplements/art-20047097?p=1>

Oiltanking. (2015). *Oiltanking*. Obtenido de Oiltanking: <https://www.oiltanking.com/es/publicaciones/glosario/gases.html>

OMS, O. (07 de Febrero de 2018). *E.coli*. Obtenido de who.int: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>

OMS, O. (20 de Febrero de 2018). *Salmonella (no tifoidea)*. Obtenido de who.int: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal))

OMS, O. (01 de Mayo de 2020). *Campylobacter*. Obtenido de who.int: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/campylobacter>

Online Tesis. (18 de mayo de 2021). Obtenido de <https://online-tesis.com/estudio-longitudinal/>

OPS, O., & OMS, O. (2015). *Inocuidad de los alimentos - Control Sanitario - HACCP: OPS*. Obtenido de opho.org: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10838:2015-peligros-biologicos&Itemid=41432&lang=es#gsc.tab=0

Organitzem. (21 de enero de 2021). Obtenido de Organitzem: <https://organitzemxtu.com/que-es-un-reactivo-en-quimica-definicion-y-ejemplos/>

- Osés Ursua, H. (20 de mayo de 2021). *Disfrutando sin gluten*. Obtenido de <https://www.disfrutandosingluten.es/recetas/cocinar-sin-gluten/huevos-su-funcion-en-reposteria/>
- Pérez, G., Guzmán, J., Durán, K., Ramos, J., & Acha, V. (25 de junio de 2018). *Aprovechamiento de la cascara de huevo en la fortificación de alimentos*. Obtenido de Scielo.org.bo: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872018000200003
- Pérez, G., Guzmán, J., Durán, K., Ramos, J., & Acha, V. (2018). Obtenido de [file:///C:/Users/50587/Downloads/fflorescastro,+Editor_a+de+la+revista,+Art.2+2-2018+Cascaras+de+huevo%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/50587/Downloads/fflorescastro,+Editor_a+de+la+revista,+Art.2+2-2018+Cascaras+de+huevo%20(1).pdf)
- Quimicafacil.net*. (12 de noviembre de 2018). Obtenido de <https://quimicafacil.net/infografias/sistemas-de-medidas/grados-brix/>
- Quimicaly*. (23 de febrero de 2024). Obtenido de <https://quimicaly.com/caco3-carbonato-de-calcio/>
- Quiminet. (27 de diciembre de 2011). *Las encapsuladoras en la industria farmaceutica y su funcionamiento: QuimiNet*. Obtenido de quiminet.com: <https://www.quiminet.com/articulos/las-encapsuladoras-en-la-industria-farmaceutica-y-su-funcionamiento-2654377.htm#:~:text=Se%20conoce%20como%20c%20C3%A1psulas%20a,dos%20para%20introducirle%20los%20ingredientes.>
- Quiminet*. (2024). Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/las-encapsuladoras-en-la-industria-farmaceutica-y-su-funcionamiento-2654377.htm>
- Ramírez, N. (2011). *Procesos Industriales*. Obtenido de Procesos Industriales: <http://proindusitriales.blogspot.com/2013/05/trituracion.html>
- Rujamar*. (2022). Obtenido de <https://www.rujamar.com/color-huevo/>
- Saludable. site*. (2024). Obtenido de <https://saludable.site/cascara-de-huevo-composicion-beneficios-y-usos/>
- Sánchez Bermúdez, E. J., & Huanio Estrada, L. N. (2017). Obtenido de <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/2984/46309.pdf?sequence=1>
- Sarasola, J. (2024). *Ikusmira*. Obtenido de <https://ikusmira.org/p/paradigma-positivista>
- Soco, M. (29 de noviembre de 2015). *Directo al Paladar*. Obtenido de directoalpaladar.com.mx: <https://www.directoalpaladar.com.mx/ingredientes-y-alimentos/lo-que-necesitas-saber-sobre-los-huevos-al-hornear#:~:text=Los%20huevos%20tienen%20un%20papel,como%20pegamento%20o%20como%20glaseado.>

- Soza, M. (22 de septiembre de 2022). El uso del huevo en la elaboración de pan. (J. R. García Zelaya, Entrevistador)
- Supo, J. (18 de Abril de 2023). Obtenido de <https://bioestadistico.com/muestra-no-aleatoria>
- Taki, A. (31 de Julio de 2023). *The Top Applications of Sodium Hypochlorite 12.5% in Everyday Industries*. Obtenido de Alliance Chemical:
<https://alliancechemical.com/blogs/articles/the-top-applications-of-sodium-hypochlorite-12-5-in-everyday-industries>
- Tecnicas de Investigacion* . (2024). Obtenido de <https://tecnicasdeinvestigacion.com/investigacion-cuantitativa/>
- Tesis y Master* . (2025). Obtenido de <https://tesisymasters.mx/instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>
- Turtoi, M., & Borda, D. (Octubre de 2014). *Selecciones avícolas*. Obtenido de Selecciones avícolas: <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2014/10/descontaminacion-de-la-cascara-del-huevo-mediante-luz-ultravioleta#:~:text=La%20descontaminaci%C3%B3n%20de%20la%20c%C3%A1scara,la%20capa%20de%20la%20cut%C3%ADcula.>
- UDC. (diciembre de 2000). *La cáscara del huevo: Un modelo de biomineralización: Universidad de Chile*. Obtenido de web.uchile.cl:
https://web.uchile.cl/vignette/monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_simple/0,1420,SCID%253D18366%2526ISID%253D452%2526PRT%253D18364,00.html#:~:text=Qu%C3%ADmicamente%20est%C3%A1%20compuesta%20de%201,%2C3%25%20de%20materia%20
- Vadequímica. (05 de mayo de 2025). Obtenido de Vadequímica:
<https://www.vadequimica.com/blog/todos-los-articulos/aplicaciones-del-hidroxido-de-sodio.html>
- Vázquez Martínez, D. L., Henkel García, J. L., Legorreta García, F., Barrietos Hernández, F. R., & Urbano Reyes, G. (5 de octubre de 2021). *Tópicos de Investigación en Ciencias de la Tierra y Materiales: Repository UA EH*. Obtenido de Repository Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo:
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/aactm/article/view/7578>
- Vázquez Pérez, J. (7 de Marzo de 2024). *Centro Para la Excelencia Académica*. Obtenido de <https://cea.uprrp.edu/wp-content/uploads/2024/03/Enfoque-cuantitativo-y-sus-disenos-descripciones-aplicaciones-y-procesos.pdf>
- Vega, A., Maguiña, J., Soto, A., Valdivia, J., & Correa López, L. (17 de julio de 2020). *Scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-05312021000100179

Wilcox, N. (2018). *Eliminación responsable de los residuos de las plantas de incubación: Petersime*. Obtenido de petersime.com: <https://www.petersime.com/es/departamento-de-desarrollo-de-incubacion/eliminacion-responsable-de-los-residuos-de-las-plantas-de-incubacion/#:~:text=Las%20c%C3%A1scaras%20de%20huevo%20tambi%C3%A9n,utilizarse%20como%20suplemento%20de%20calcio.&text=Es%20pos>

Zapata. (octubre de 2024). *Guia Echem*. Obtenido de <https://www.guidechem.com/guideview/lab/prueba-de-murexide-aplicaciones.html>

5.4. Anexos

Anexo 1

Operacionalización de variables					
Objetivo General: Evaluar la viabilidad técnica del carbonato de calcio (CaCO ₃) obtenido a partir de la cáscara de huevo de gallina de la industria panadera en San Ramón, Matagalpa, para su uso como suplemento alimenticio durante el primer semestre de 2025.					
Objetivos	Variable	Dimensiones	Indicador	Instrumentos	Formatos
Determinar la generación promedio de cascaras de huevo de gallina en la industria panadera del municipio de San Ramón, Matagalpa, para establecer la disponibilidad de materia prima.	Producción de cáscaras de huevo	Cantidad de cáscaras generadas	Origen de los huevos	* Entrevista * Guía de observación	* Cuestionario * Checklist
			Cantidad de huevos de gallinas usados por las industrias panaderas		
			Peso de las cascaras de los huevos		
Diseñar el proceso de extracción de carbonato de calcio a partir de la cascara	Proceso de elaboración del	Preparación de materia prima	Recepción	Investigación	* Fuentes bibliográficas
			Desinfección		
			Tratamiento térmico		

de huevo de gallina incluyendo etapas de limpieza, secado, molienda y tratamiento térmico.	Carbonato de calcio		Deshidratación		* Flujograma de procesos
			Pulverización		
			Tratamiento UV		
			Encapsulado / Envasado		
			Etiquetado		
			Rendimiento del proceso		
		Condiciones óptimas	Temperatura		
			pH		
			Tiempo		
Caracterizar el carbonato de calcio (CaCO ₃) obtenido de las cáscaras de huevo de gallina generadas por la industria panadera mediante	Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas	Análisis fisicoquímico	Potencial de Hidrógeno (pH)	Análisis de Laboratorio	Resultados de Laboratorio
			Humedad		
			Grados Brix		
			Pureza		
		Microbiológicas	Conteo de bacterias y coliformes		

análisis físico-químicos y microbiológicos.		Presencia de hongos y levaduras	
---	--	---------------------------------	--

Nota: Elaboración propia

Anexo 2



CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, MATAGALPA

CUR – MATAGALPA

Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud

Entrevista

Somos estudiantes de V año de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la UNAN MANAGUA CUR-Matagalpa, quienes estamos realizando la investigación monográfica, específicamente sobre la transformación de la cascara de huevo en un nuevo producto. A continuación, se presenta una serie de preguntas relacionadas al manejo de este residuo, buscamos su colaboración para obtener información de manera clara y precisa.

1. ¿Qué tipo de huevos utilizan? ¿Son de corral, crianza libre, o de otro tipo?
2. ¿Qué color de huevo utilizan y por qué?
3. ¿De dónde provienen los huevos que utilizan? (Granja local, distribuidor, etc.)
4. ¿Cuál es el nombre de la empresa proveedora?
5. ¿Cuál es el tamaño de los huevos que compran?
6. ¿Qué cantidad de huevos utilizan a la semana?

7. ¿Cuál es el precio de la cajilla de huevo?
8. ¿Con qué frecuencia reciben el suministro de huevos?
9. ¿Qué hacen con las cáscaras de huevo? ¿Las desechan, las reutilizan o las venden?
10. ¿De qué manera se pueden reutilizar las cascarillas generadas del proceso de panificación?
11. ¿Tienen algún registro del peso total de las cáscaras que generan?
12. ¿De qué manera almacena los huevos que compran?
13. ¿Las cascaras de huevo utilizadas se depositan en recipientes aparte de los demás desechos?

Muchas gracias

Anexo 3



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, MATAGALPA

CUR – MATAGALPA

Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud

Guía de Observación

Nº	Aspectos a Evaluar	Si	No	Tal vez	Observaciones
1	Tiene factura				
2	La factura tiene el nombre del proveedor				
3	Las cascaras de huevo son de tamaño grande				
4	Las cascaras de huevo son de tamaño mediano				
5	Las cascaras de huevo son de tamaño pequeño				
6	Las cascaras de huevo son de color marrón				
7	Las cascaras de huevo son de color blanco				
8	Los huevos se almacenan de forma adecuada en la panadería				
9	Desechan la cascara de huevo				
10	Reutilizan las cascaras de huevo				
11	Tienen algún registro del peso total de las cascaras que generan				
12	Se almacenan las cascaras de huevo				

Anexo 4.

Aplicación de Herramientas de Recolección de Datos



Nota: La Ilustración muestra la aplicación de entrevista a la dueña de la panadería “Nau Coffee And Cake”. Fuente:

Elaboración Propia.

Anexo 5.

Pesaje de la Materia Prima



Nota: La Ilustración muestra el pesaje de las cáscaras de huevo obtenidas en una de las panaderías. Fuente: Elaboración

Propia.

Anexo 6.

Tratamiento Térmico



Nota: La Ilustración muestra el tratamiento térmico al cual se sometieron las cáscaras de huevo ($\geq 100^{\circ}\text{C}$). Fuente:

Elaboración Propia.

Anexo 7.

Proceso de Secado de las Cáscaras



Nota: En la ilustración se muestra el proceso de secado de las cáscaras de huevo. Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 8.

Primera Trituración de las Cáscaras



Nota: La imagen muestra el proceso de trititación manual. Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 9.

Calcinación de Cáscaras Previamente Trituradas



Nota: En la imagen se muestra proceso de calcinación. Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 10.

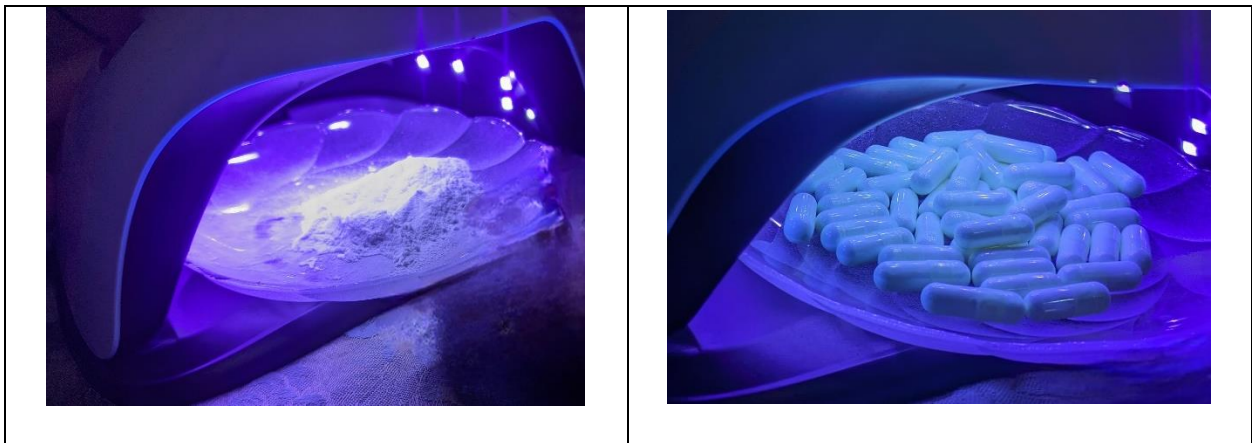
Pulverización del Carbonato de Calcio



Nota: La imagen muestra proceso de pulverización para obtener partículas de CaCO_3 . Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 11.

Tratamiento UV



Nota: La imagen muestra el tratamiento UV al cuál fue sometido el Carbonato de Calcio . Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 12

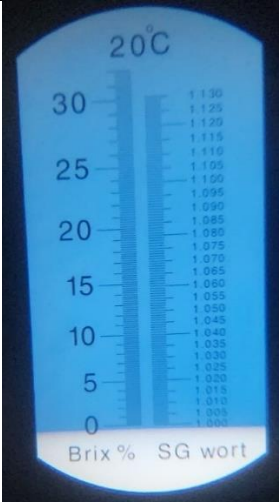
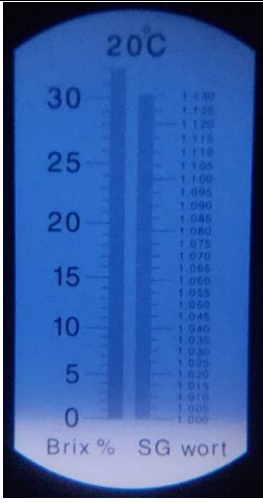
Determinación de pH



Nota: La imagen muestra proceso de determinación del Potencial de Hidrógeno (pH). Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 13.

Determinación de Grados Brix y Densidad

Refractómetro (Calibración)	Refractómetro (Muestra-Resultados)
	

Nota: La imagen muestra los resultados de la prueba de Grados Brix. Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 14

Determinación del calcio por titulación



Nota: Comparación de la muestra inicial con la solución donde ya ha actuado el EDTA sobre la murexida. Fuente:

Elaboración propia

Anexo 15

Análisis microbiológicos



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



MINISTERIO DE SALUD

**LABORATORIO REGIONAL DE HIGIENE Y EPIDEMIOLOGIA
SILAIS MATAGALPA**

Nombre de Producto	Carbonato de Calcio	Lote	1
Fecha de Toma de muestras:	25/3/2025	Fecha de Vencimiento	mar-28
Fecha de Recepcion	26/3/2025	Cantid de muestra	1 (Parte Externa)
Fecha de salida:	29/3/2025	Marca del Producto	CCH
Tipo de muestra:	Sal	Centro que envia muestra:	N/A

RESULTADO: No hubo crecimiento bacteriano



Realizado por:

Lic. Jose Antonio Martinez Cano
Resp: Área de Bacteriología
Silais Matagalpa

Nota: Damos fe de la fase analitica de la muestra analizadas.

Nota: Primera muestra de laboratorio tomada de la parte externa del frasco del suplemento de carbonato de calcio.

Fuente: Ministerio de Salud

Anexo 16



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!



MINISTERIO DE SALUD

**LABORATORIO REGIONAL DE HIGIENE Y EPIDEMIOLOGIA
SILAIS MATAGALPA**

Nombre de Producto	Carbonato de Calcio	Lote	1
Fecha de Toma de muestras:	25/3/2025	Fecha de Vencimiento	mar-28
Fecha de Recepcion	26/3/2025	Cantid de muestra	2 (Parte Interna)
Fecha de salida:	29/3/2025	Marca del Producto	CCH
Tipo de muestra:	Sal	Centro que envia muestra:	N/A

RESULTADO: No hubo crecimiento bacteriano



Realizado por:

Lic. Jose Antonio Martinez Cano
Resp: Área de Bacteriología
Silais Matagalpa

Nota: Damos fe de la fase analitica de la muestra analizadas.

Nota: Segunda muestra de laboratorio tomada de la parte interna del frasco del suplemento de carbonato de calcio.

Fuente: Ministerio de Salud

Anexo 17



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!



MINISTERIO DE SALUD

**LABORATORIO REGIONAL DE HIGIENE Y EPIDEMIOLOGIA
SILAIS MATAGALPA**

Nombre de Producto	Carbonato de Calcio	Lote	1
Fecha de Toma de muestras:	25/3/2025	Fecha de Vencimiento	mar-28
Fecha de Recepcion	26/3/2025	Cantidad de muestra	3 (Parte Media)
Fecha de salida:	29/3/2025	Marca del Producto	CCH
Tipo de muestra:	Sal	Centro que envia muestra:	N/A

RESULTADO: No hubo crecimiento bacteriano



Realizado por:

Lic. Jose Antonio Martinez Cano
Resp: Área de Bacteriología
Silais Matagalpa

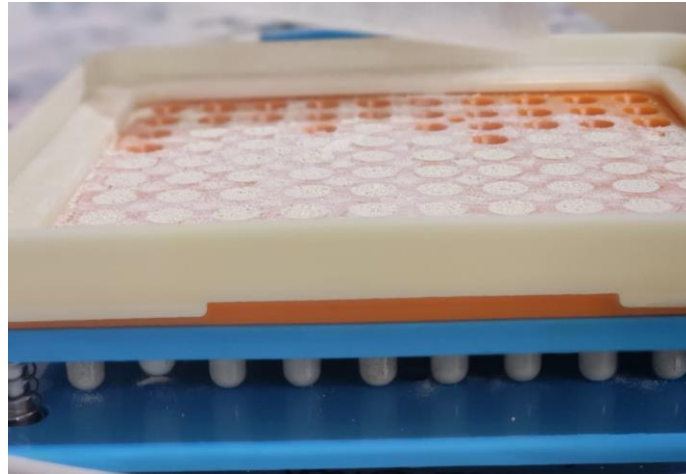
Nota: Damos fe de la fase analítica de la muestra analizadas.

Nota: Tercera muestra de laboratorio tomada de la parte media del frasco del suplemento de carbonato de calcio.

Fuente: Ministerio de Salud

Anexo 18

Proceso de Encapsulado



Nota: La imagen muestra el proceso de encapsulado del Carbonato de Calcio. Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 19

Proceso de Envasado y Etiquetado



Nota: Envasado y etiquetado del suplemento de carbonato de calcio. Fuente: Elaboración propia

Anexo 20

Pesajes de Muestras del CaCO_3 Durante el Proceso de Determinación del Porcentaje de Humedad

5:00 pm		7:30	
6:00 pm		8:00	
6:30 pm		8:30	
7:00		9:00	

Nota: La imagen muestra el proceso de determinación de humedad. Fuente: Elaboración Propia.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA

UNAN-MANAGUA