



Universidad **Mariana**

Obtención de cápsulas de vitamina C a partir de la cáscara de naranja producida en el
corregimiento Genoy kilómetro 4,6 – San Juan de Pasto

Nathalia Vanesa Belalcázar Caicedo

Gabriela Alejandra Díaz Jiménez

Nathalia Ortega Rosero

Universidad Mariana

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería de Procesos

San Juan de Pasto

2024

Obtención de cápsulas de vitamina C a partir de la cáscara de naranja producida en el
corregimiento Genoy kilómetro 4,6 – San Juan de Pasto

Nathalia Vanesa Belalcázar Caicedo

Gabriela Alejandra Díaz Jiménez

Nathalia Ortega Rosero

Informe de investigación para optar al título de: Ingenieras de Procesos

MSc. José Faruk Rojas Navarro

Asesor

Universidad Mariana

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería de Procesos

San Juan de Pasto

2024

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007

Universidad Mariana

Agradecimientos

Queremos dedicar unas palabras de profundo agradecimiento a la Universidad Mariana, un pilar fundamental en nuestro camino académico. Su constante apoyo, recursos y ambiente de aprendizaje han sido el escenario perfecto para el desarrollo de este trabajo de grado. Agradecemos a cada miembro de esta institución que ha contribuido, directa o indirectamente a nuestra formación y crecimiento como profesionales.

A los laboratoristas de la sede Alvernia, queremos expresar nuestra gratitud por su incansable labor, su experticia técnica y su disposición constante para colaborar en cada etapa de nuestra investigación. Su compromiso y dedicación han sido imprescindibles para llevar a cabo este proyecto con excelencia. Además, no podemos pasar por alto el invaluable papel de nuestro asesor MSc. José Faruk Rojas Navarro, quien con su vasta experiencia, sabiduría y orientación experta nos han guiado a lo largo de este desafiante proceso; su mentoría ha sido fundamental en nuestra formación académica y profesional, y le estamos profundamente agradecidas por su tiempo, paciencia y compromiso con nuestro éxito.

En resumen, a la Universidad Mariana, a los laboratoristas de la sede Alvernia y a nuestro estimado asesor, les extendemos nuestro más sincero reconocimiento y gratitud por su inestimable contribución a este logro académico. Sin su apoyo incondicional, no habríamos alcanzado este hito en nuestro camino educativo. ¡Gracias por ser parte de esta etapa tan significativa en nuestras vidas!

Dedicatoria

En este momento, en el logro de finalización y presentación de este proyecto, quiero detenerme y dedicar unas palabras llenas de gratitud a cada uno de ustedes, pilares fundamentales en mi vida y en este logro que hoy celebro con alegría.

A Dios, fuente de sabiduría y guía constante en mí caminar, le agradezco por iluminar mi sendero, por fortalecer mi fe y por sostenerme en los momentos de duda y dificultad. Su amor incondicional ha sido mi mayor inspiración y motor para seguir adelante.

A mis padres y abuelos, cuyo sacrificio, amor incondicional y apoyo inquebrantable han sido la base sobre la cual he construido mis sueños y metas. Su ejemplo de entrega y dedicación me impulsa a ser mejor cada día, y les estaré eternamente agradecida por todo lo que han hecho por mí.

Finalmente, también quisiera dedicar este logro a mi grupo de trabajo conformado por Gabriela Díaz y Nathalia Ortega compañeras de risas, lágrimas y sueños compartidos. Al MSc. Carlos Andrés Gómez Rodríguez por su guía invaluable, su paciencia infinita y su profundo conocimiento han sido pilares fundamentales en el desarrollo de este trabajo su dedicación a la docencia y su pasión por la investigación me han inspirado a ser una mejor profesional.

En cada línea de este trabajo late el agradecimiento profundo a cada uno de ustedes, porque sin su amor, apoyo y presencia constante, este logro no habría sido posible. Que estas palabras reflejen una pequeña parte del inmenso cariño que siento hacia cada uno.

Nathalia Vanesa Belalcázar Caicedo

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico especialmente a Dios, en este momento de logro y gratitud, elevo mi voz hacia ti, fuente de luz y sabiduría, agradeciéndote por ser mi guía constante, por inspirarme con tu amor infinito y por sostenerme en cada paso de este camino académico.

A mis queridos padres Jaime Díaz y Mónica Jiménez, con el corazón rebosante de amor y gratitud, dedico este logro a ustedes, pilares inquebrantables en mi vida y ejemplos de amor incondicional, su sacrificio abnegado y su apoyo constante han sido la brújula que ha guiado mis pasos hasta este momento. Cada logro alcanzado es también suyo, fruto del amor y la dedicación que han sembrado en mí desde el primer día, agradezco cada sacrificio, cada palabra de aliento y cada gesto de cariño que me han regalado a lo largo de este camino.

Finalmente, me gustaría dedicar este logro a mis compañeras Nathalia Belalcázar y Nathalia Ortega, las cuales me acompañaron en este arduo camino de aprendizaje y enseñanzas. Al MSc. Carlos Andrés Gómez Rodríguez sus valiosas lecciones y su constante motivación me impulsaron a adentrarme en este campo y a explorar sus fascinantes secretos; agradezco profundamente su paciencia infinita y su disposición siempre atenta para guiarme en este camino de aprendizaje. Sus palabras de aliento y su fe en mis capacidades me han dado la confianza para enfrentar los desafíos y superar los obstáculos.

Que estas palabras reflejen una pequeña parte del inmenso cariño y gratitud que siento hacia cada uno de ustedes. Sin su amor, apoyo y guía, este logro no habría sido posible. ¡Gracias por ser parte de mi historia y por acompañarme en este importante capítulo!

Gabriela Alejandra Díaz Jiménez

Dedicatoria

“Si tienes un sueño y crees en él, corres el riesgo de que se convierta en realidad”.

Walt Disney

En este momento de culminación académica, elevo mi más profundo agradecimiento hacia mis queridos padres Jaidy Maritza Rosero Muñoz y Francisco Javier Ortega Burbano, a mi hermana, mejor amiga y abuelos, dedico este logro a cada uno de ustedes, quienes han sido mi sostén, mi inspiración y mi mayor apoyo a lo largo de esta travesía. El amor incondicional, el sacrificio generoso y la presencia constante de ustedes han sido el cimiento sobre el cual he construido mis sueños y metas. Cada logro alcanzado lleva impreso su amor, su apoyo inquebrantable y su alegría compartida. Agradezco cada palabra de aliento, cada gesto de cariño y cada momento de compañía que me han regalado en este viaje. A mis compañeras y amigas de trabajo Nathalia Belalcázar y Gabriela Díaz donde compartimos risas, llantos y experiencias que nos han hecho crecer tanto académica como a nivel profesional a lo largo de los años.

Al MSc. Carlos Andrés Gómez Rodríguez agradezco profundamente su guía invaluable, su paciencia infinita, disposición de colaboración y su capacidad para motivarme a alcanzar mi máximo potencial, sus valiosas enseñanzas han dejado una huella imborrable en mi camino como estudiante e investigador.

Que estas palabras reflejen la inmensa gratitud que siento hacia cada uno de ustedes. Sin su amor, apoyo y presencia, este logro no habría sido posible. ¡Gracias por ser parte de mi historia y por acompañarme en este importante capítulo!

Nathalia Ortega Rosero

Contenido

Introducción	14
1 Resumen del proyecto	17
1.1 Descripción del problema.....	17
1.1.1 Formulación del problema.....	18
1.2 Justificación.....	18
1.3 Objetivos	21
1.3.1 Objetivo general.....	21
1.3.2 Objetivos específicos	21
1.4 Marco referencial	21
1.4.1 Antecedentes.....	21
1.4.1.1 Internacionales.	21
1.4.1.2 Nacionales.	22
1.4.2 Marco teórico.....	23
1.4.2.1 Producción de naranja en Colombia.....	23
1.4.2.2 Residuos de naranja en Colombia.	24
1.4.2.3 Naranja.	24
1.4.2.4 Cáscara de naranja.....	24
1.4.2.5 Ácido ascórbico.....	25
1.4.2.6 Disolventes Naturales Eutécticos Profundos (NADES).....	28
1.4.2.6.1 Alginato de Sodio.....	28
1.4.2.6.2 Cloruro de calcio.	28
1.4.2.6.3 Esferificación inversa.	29
1.4.3.1 Métodos de cuantificación de ácido ascórbico.....	29
1.4.3.1.1 Espectrofotometría directa a espectrofotometría UV.....	29
1.4.3.1.2 HPLC.....	29
1.4.4 Marco contextual	30
1.4.5 Marco legal	30
1.5 Metodología	31
1.5.3 Paradigma de investigación	31

1.5.4 Enfoque de investigación.....	32
1.5.5 Tipo de investigación.....	32
1.5.6 Población y muestra.....	32
1.5.6.1 Determinación muestreo aleatorio simple.....	32
2. Presentación de Resultados	34
2.1 Adecuación de materia prima.....	34
2.1.1 Lavado y Desinfección.....	34
2.1.1.1 Limpieza final.	34
2.1.2 Pretratamiento de materia prima.....	34
2.1.2.1 Liofilización.	34
2.1.2.2 Pulverizado en Procesadora de Alimentos.	34
2.1.3 Caracterización fisicoquímica, análisis microbiológico y cuantificación de polifenoles de la cáscara de naranja.....	35
2.1.3.1 pH.	35
2.1.3.2 Humedad.	35
2.1.3.3 Ceniza.....	35
2.1.3.4 Ácido ascórbico.....	36
2.1.3.5 Análisis microbiológico.	36
2.1.3.6 Cuantificación de polifenoles.....	36
2.1.4 Elaboración de solventes NADES por duplicado.....	37
2.1.4.1 Elaboración solvente 1 (NADES S1).....	37
2.1.4.2 Elaboración solvente 2 (NADES S2).....	37
2.1.5 Proceso de extracción de ácido ascórbico y cuantificación.....	37
2.1.5.1 Extracción asistida por ultrasonido de ácido ascórbico.	37
2.1.5.2 Cuantificación mediante HPLC	37
2.1.5.4 Diseño experimental multifactorial 1	39
2.1.5.5 Diseño experimental multifactorial 2.....	40
2.1.6 Obtención de cápsulas	41
2.1.6.1 Preparación de soluciones para encapsulación.....	41
2.1.6.2 Encapsulación por esferificación inversa.....	41
2.1.6.3 Empaque del producto.....	41

2.1.6.4 Almacenamiento.....	42
2.1.7 Análisis sensorial	42
2.2 Resultados y discusión	42
2.2.1 Caracterización fisicoquímica de la cáscara de naranja.....	42
2.2.2 Frotis bacteriano para evaluar la eficacia del hipoclorito de sodio como agente desinfectante.....	45
2.2.3 Curva de calibración del ácido gálico para la cuantificación de polifenoles por el método de Folin Ciocalteu	46
2.2.4 Cuantificación de polifenoles	49
2.2.5 Liofilización.....	52
2.2.6 Cuantificación de ácido ascórbico por HPLC.....	53
2.2.7 Curva de calibración del ácido ascórbico.	54
2.2.8 Cuantificación concentración de ácido ascórbico.....	56
2.2.9 Diseño experimental 1: Concentración de ácido ascórbico.	58
2.2.10 Diseño experimental 2: Determinación de proporciones para esferificación.	65
2.2.11 Análisis sensorial.....	74
3. Conclusiones	83
4. Recomendaciones.....	85
Referencias Bibliográficas	86
Anexos.....	98

Índice de Tablas

Tabla 1. Propiedades físicas del ácido ascórbico.	27
Tabla 2. Diseño experimental 1: Cuantificación de ácido ascórbico.	39
Tabla 3. Diseño multifactorial: Determinación de proporciones para esferificación.	40
Tabla 4. Resultados caracterización fisicoquímica de la cáscara de naranja.	43
Tabla 5. Identificación de microorganismos.	45
Tabla 6. Curva de calibración de ácido gálico a partir de una disolución de 100 mg/L.	47
Tabla 7. Absorbancia soluciones estándar.	48
Tabla 8. Absorbancia extracto de cáscara de naranja (UA),	50
Tabla 9. Ácido gálico presente en extracto de cáscara de naranja.	50
Tabla 10. Polifenoles totales presentes en la cáscara de naranja.	51
Tabla 11. Características organolépticas cáscara de naranja liofilizada y no liofilizada.	52
Tabla 12. Resultados de cromatografía líquida de muestras de ácido ascórbico.	53
Tabla 13. Absorbancia soluciones estándar de ácido ascórbico.	54
Tabla 14. Concentración de ácido ascórbico en mg/mL.	56
Tabla 15. Valor óptimo de la resistencia.	73
Tabla 16. Tabla de puntuaciones.	75
Tabla 17. Perfil de sabor.	76
Tabla 18. Perfil de olor.	77
Tabla 19. Textura externa.	79
Tabla 20. Textura interna.	80

Índice de Figuras

Figura 1. Ácido ascórbico y diversos productos de oxidación.....	26
Figura 2. Ácido ascórbico.	44
Figura 3. Curva de calibración de ácido gálico	48
Figura 4. Curva de calibración ácido ascórbico.	55
Figura 5. Diagrama de Pareto.....	59
Figura 6. Efectos principales al momento de obtener vitamina C (VC).	60
Figura 7. Interacciones	62
Figura 8. Superficie.	64
Figura 9. Pareto	65
Figura 10. Principales parámetros.....	67
Figura 11. Interacciones	68
Figura 12. Superficie de respuesta.	69
Figura 13. Pareto resistencia cápsulas vitamínicas	70
Figura 14. Principales parámetros para la resistencia de cápsulas vitamínicas	71
Figura 15. Interacciones	72
Figura 16. Superficie de respuesta	73
Figura 17. Montaje evaluación de resistencia en capsulas de ácido ascórbico	74
Figura 18. Perfil sensorial de sabor.....	76
Figura 19. Perfil sensorial de olor.	78
Figura 20. Perfil sensorial de textura externa.....	79
Figura 21. Perfil sensorial de textura interna.	81

Índice de Anexos

Anexo A. Cuantificación de polifenoles	99
Anexo B. Cuantificación de ácido ascórbico por HPLC.....	101
Anexo C. Cuantificación de ácido ascórbico por absorbancia.....	109
Anexo D. Diseño experimental cuantificación de ácido ascórbico.....	112
Anexo E. Diseño multifactorial determinación de proporciones para esterificación.....	113
Anexo F. Análisis sensorial del producto final.	115
Anexo G. Evidencias fotográficas.....	121
Anexo H. Divulgación del proyecto.....	124
Anexo I Evidencias Fotográficas	125

Introducción

El procesamiento de alimentos o bebidas a partir de productos naturales genera un gran volumen de residuos orgánicos, los cuales son causantes de diversos impactos ambientales asociados a una inadecuada disposición final, entre estos impactos se encuentran la generación de lixiviados, olores, gases de efecto invernadero (principalmente metano), y la proliferación de vectores. Igualmente, muchos de los componentes bioactivos presentes en estos residuos, son desaprovechados y no reincorporados a la cadena de valor. En este sentido, la cáscara de naranja de la especie *Citrus Sinensis* presenta un elevado potencial que no es explotado, el uso de este subproducto se limita a la alimentación animal o como abono orgánico en los mejores escenarios, o simplemente se deposita en rellenos sanitarios (Castillo, 2019). Estos desechos son ricos en aceites esenciales, pigmentos y ácido ascórbico, que en este caso es el componente de interés para el desarrollo de la investigación. Actualmente el aprovechamiento de los residuos alimentarios es cada vez más frecuente, por lo que muchas investigaciones realizadas en los últimos años como es el caso del estudio titulado: *Vitamina C en la salud y en la enfermedad*, tratan sobre la reutilización de estos, esta revalorización se debe a las características de los compuestos bioactivos recuperados en estos residuos que pueden extraerse o transformarse, generando una propuesta de valor agregado.

En Colombia, de la industria de jugos se obtienen 23000 toneladas por año de cáscara de naranja como subproducto, de las cuales Nariño participa con 8970 toneladas (Bedoya et al., 2021). A pesar de los posibles usos y beneficios de los compuestos presentes en la cáscara de naranja, en Colombia se desperdicia; Por lo que el aprovechamiento de estos residuos para la generación de productos con valor agregado como la extracción de ácido ascórbico y su posterior encapsulación para la creación de un suplemento vitamínico resulta una iniciativa innovadora, debido a que el ácido ascórbico es un nutriente esencial que no se puede ser sintetizado por el cuerpo humano. Por ende, es necesario obtenerlo mediante una dieta o suplementos que permitan adquirir los beneficios que conlleva su consumo como el crecimiento y reparación de tejidos, la formación de colágeno, la absorción del hierro, el funcionamiento del sistema inmunitario y la protección contra los radicales libres (Castillo, 2019).

El objetivo de esta investigación es obtener cápsulas de vitamina C (ácido ascórbico) extraída de la cáscara de naranja de la especie *Citrus Sinensis* recolectada en el corregimiento Genoy kilómetro 4,6 – San Juan de Pasto, en donde se llegan a generar aproximadamente 5,2 toneladas/mes de este residuo.

Inicialmente se lleva a cabo una caracterización fisicoquímica de la cáscara de naranja, determinando pH, porcentaje de humedad, ceniza y cantidad de ácido ascórbico presente, estudio microbiológico para detectar microorganismos como *E. Coli*, *Salmonella* u hongos adicionalmente la cuantificación de polifenoles por espectrofotometría UV. Continuando con la extracción de ácido ascórbico la cual implica generalmente el uso de productos químicos como ácido oxálico e hidróxido de sodio, que causan daños ambientales o resultan perjudiciales para la salud si se consumen; en el presente trabajo se llevará a cabo la evaluación de disolventes eutécticos naturales (NADES) que se obtienen mezclando compuestos como el cloruro de colina, miel de abeja y agua destilada; siendo la miel de abeja el componente de mayor interés por su alto contenido nutricional en glucosa, fructosa, compuestos bioactivos, minerales y vitaminas que ayudan a la extracción fenólica. Los disolventes NADES generan un limitado o nulo impacto ambiental y su consumo no ocasiona riesgos, además de ser capaces de extraer compuestos bioactivos como el ácido ascórbico, siendo este el factor de interés (Fandiño, 2020).

Una vez se realice la mezcla de los solventes con el pulverizado de la cáscara de naranja, se lleva a cabo la cuantificación de ácido ascórbico mediante el método de cromatografía líquida (HPLC) y por el método de espectrofotometría UV, cuyos resultados se analizarán en un diseño experimental, obteniendo así el solvente más eficiente para la extracción.

A partir de dicho resultado se establecen mediante un diseño experimental multifactorial las relaciones adecuadas alginato de sodio / cloruro de calcio para una correcta esferificación inversa, proceso mediante el cual se encapsula el extracto de ácido ascórbico, esta técnica permite convertir en cápsula a cualquier sustancia de carácter líquido a partir de un proceso químico y un choque iónico; consiste en brindarle a la sustancia una textura y apariencia similar a la de una esfera gelatinosa, pero que además conservante el centro líquido (Cevallos y Zambrano,2023). Esta técnica es utilizada con el fin de crear un

suplemento vitamínico atractivo para el consumo, específicamente en la población infantil.

Este proyecto está enmarcado en los principios de la economía circular, la cual plantea reutilizar, innovar, reciclar materiales y subproductos existentes (que generalmente son desechados sin ningún manejo) todas las veces que sea posible para crear valor agregado y una propuesta de desarrollo sostenible, en el ámbito ambiental la economía circular puede ayudar a reducir la contaminación, el consumo de recursos, la generación de residuos y en el ámbito económico puede generar oportunidades de negocio, crear empleo y mejorar la competitividad de las empresas.

1 Resumen del proyecto

1.1 Descripción del problema

Para la realización de este proyecto se ha identificado como problemática principal la deficiencia en el aprovechamiento de residuos sólidos en el sector frutícola, en este caso particular se hace énfasis en la naranja, cuya cáscara resulta como excedente de la producción de jugo en el corregimiento Genoy kilómetro 4,6 - Nariño, en donde se generan 5,2 toneladas/mes de esta.

A nivel nacional, se menciona en la “Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales” que las industrias que procesan cítricos desechan anualmente grandes cantidades de residuos incluyendo la cascara de naranja de la especie *Citrus Sinensis*, estos residuos constituyen el 50% de la masa húmeda del fruto y tienen características muy específicas como una alta humedad y carga de carbono, un pH bajo, una baja biodegradabilidad y la presencia de aceites útiles que impiden el proceso de compostaje y favorecen los procesos anaeróbicos (Alvarado y Hernández, 2018).

Seún (Axayacatl, 2023), las estadísticas mundiales de producción de cítricos presentadas en FAOSTAT para el año 2020, se observó que se generaron 75.458.588 toneladas de naranja de la especie *Citrus Sinensis*; de las cuales Colombia participa con 352.983 toneladas distribuidas en los diferentes departamentos, donde Nariño es líder con un (39%) de la producción, seguido de Antioquia (34%) y Quindío (14%), partiendo de las evaluaciones frutícolas departamentales registradas en PDT Nariño (Proyecto de Desarrollo Territorial en el Departamento de Nariño en condiciones de Paz), en el año 2020 se evidencia una producción anual de 137,6 toneladas de naranja de la especie *Citrus Sinensis* posicionando a esta región como la mayor productora de esta especie a nivel nacional.

En el texto (Alcívar y Rosado, 2022) se expone que el principal uso industrial de la naranja en el país es para la producción de bebidas o en su defecto fruta, donde el procesamiento de este tipo de productos ha representado un impacto negativo en el medioambiente en los últimos años debido al aumento de residuos orgánicos, las empresas de Colombia que producen este tipo de

productos desechan semanalmente entre 15 y 25 toneladas de cáscaras de naranja, las cuales actualmente están siendo dispuestas a los rellenos sanitarios generando gases de efecto invernadero a la atmósfera y un aumento en los residuos sólidos urbanos (La Opinión, s. f.), lo que hace evidente el desaprovechamiento de esta potencial materia prima para la creación de nuevos productos.

Dicha problemática se evidencia en el corregimiento de Genoy específicamente en el kilómetro 4,6 (Jugos Genoy - Pasto Nariño). De acuerdo con el estudio exploratorio, se observa que como residuo de la producción de jugo artesanal en dicho sector se genera 1320 Kg de naranja semanales, de las cuales entre el 20% y 30% son cáscara de naranja, que tiende a ser depositada en rellenos sanitarios o en zonas de lotes cercanos; y únicamente el 5% de este material orgánico es usado para el alimento de porcinos (Alvarado y Hernández, 2018).

Ante este panorama y el evidente desaprovechamiento de ácido ascórbico contenido las cáscaras mencionadas; y con base en lo expuesto en el artículo “Contenido de compuestos fenólicos y vitamina C y actividad antioxidante en partes desperdiciadas de cítricos sudaneses” en donde se concluye que la cáscara de frutos cítricos tales como pomelo, naranja y limón contienen aproximadamente 110,4 mg/100 g. (Khitma., et al, 2018) se evidencian potencialidades para aprovechar este residuo y transformarlo en un producto de alto valor agregado.

1.1.1 Formulación del problema

¿Qué cantidad de ácido ascórbico se puede extraer de la cáscara de naranja de la especie *Citrus Sinensis* mediante el método de ultrasonido y evaluar si la técnica de esferificación inversa permite conservar las propiedades de dicho compuesto?

1.2 Justificación

La producción de cítricos ha superado los 120 millones de toneladas anuales a nivel mundial, sin embargo; el aumento de la demanda de jugos cítricos genera la acumulación de alrededor 48 millones de Toneladas en residuos de cítricos en Colombia conforme en el Departamento

Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), se produjeron 1,2 millones de toneladas de naranja en 2022 de las cuales se estima que se generaron alrededor de 600.000 toneladas correspondientes a cáscara de naranja, lo que equivale a un 50 % del total de la producción y el panorama para el departamento de Nariño según la misma fuente, sugiere que en esta región cerca de 118.000 toneladas de naranja fueron producidas y de las cuales aproximadamente 59.000 toneladas corresponden a residuos; estos residuos se convierten en un problema si no se manejan de manera adecuada, ya que pueden generar contaminación, por ejemplo, la descomposición de esta puede liberar gases de efecto invernadero, como el metano (Arias y Suarez, 2016).

Por otra parte, en el último año se han aumentado las ventas de ácido ascórbico significativamente en específico el triple de lo vendido en prepandemia, de acuerdo con La Santé (2021), (una empresa dedicada a la investigación, desarrollo y comercialización de medicamentos) se registró un incremento de 200% en las ventas relacionadas a este producto, “La Santé vendió \$512.000 millones y presentó un crecimiento de 15% frente a 2019, de los compuestos vitamínicos elaborados por La Santé en los laboratorios ubicados en Colombia aproximadamente el 50% son exportados; lo que implica una alta demanda teniendo como resultado un crecimiento de 12% adicional en el total de ventas.

Cabe resaltar que el ácido ascórbico es un nutriente hidrosoluble que se encuentra de manera natural en ciertos alimentos, la falta de consumo de dichos alimentos puede repercutir en niveles deficientes de ácido ascórbico y conllevar a diferentes afecciones de salud como náuseas, fatiga, dolor de cabeza e incluso dificultades para conciliar el sueño; además, el cuerpo necesita de esta vitamina para estimular la producción de colágeno, una proteína necesaria para la cicatrización de las heridas, además mejora la absorción del hierro presente en los alimentos de origen vegetal y contribuye al buen funcionamiento del sistema inmunitario para proteger al cuerpo contra las enfermedades (Valdés, 2006).

Según la encuesta Nacional de Situación Nutricional 2010 (ENSIN 2010), en Colombia se evidenció un consumo insuficiente de vitamina C en la población, especialmente en los niños menores de 12 años. Se encontró que el 95.2% de los niños y el 87.6% de las niñas presentaban deficiencia de esta vitamina en su alimentación diaria. (Ministerio de Salud y Protección Social

de Colombia, 2012). Aterrizando la situación a niveles regionales para el departamento de Nariño 3 de cada 7 niños presentan bajos niveles de ácido ascórbico (Change et al., 2021) y por ende presentan afecciones de salud; actualmente los suplementos vitamínicos le permite al consumidor sustituir los niveles recomendados de este compuesto, y dada la problemática regional mencionada en cuanto a la población infantil del departamento, en específico la propuesta de producción de cápsulas vitamínicas a partir de cáscara de naranja va dirigida a la población infantil, con una presentación atractiva para este público por medio de la técnica de esferificación; según el Instituto Nacional de Salud colombiano la cantidad adecuada de ácido ascórbico diario en la dieta de niños cuyas edades oscilan entre 3 y 9 años es de 45 miligramos (Carr y Rowe, 2020).

La producción de cápsulas vitamínicas a partir de cáscara de naranja se realiza con el propósito de generar una propuesta de transformación que conlleve a proporcionar valor agregado a esta materia prima considerada como desecho; es fundamental además garantizar la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible teniendo en cuenta que los sistemas industriales son responsables de una gran parte de la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales, por lo que es necesario que se adopten medidas para reducir su impacto ambiental.

Se busca aplicar el modelo de economía circular el cual implica generar y garantizar un crecimiento sostenible a lo largo del tiempo (Colombia productiva, 2015). Esto conlleva a promover el uso de todo el material orgánico que es utilizado en la cadena productiva de naranja, lo que aporta la optimización de recursos, la reducción en el consumo de materias primas y el aprovechamiento de los residuos en este caso cáscara de naranja para la creación de un nuevo producto y promover la actividad industrial sostenible en el departamento.

Se han reportado análisis financieros de biorrefinerías con una capacidad total de procesamiento de hasta 100.000 Toneladas de cáscara de naranja al año mediante procesos biotecnológicos donde los principales productos son limoneno, pectina, etanol y metano, siendo este último usado como fuente de energía en diversas etapas del mismo proceso de biorrefinería; También es importante destacar el aprovechamiento de residuos de cítricos, lo que permite

reciclar estos residuos en procesos industriales para la obtención de nuevos productos (Alvarado y Hernández, 2018).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Obtener cápsulas de vitamina C a partir de la cáscara de naranja generada en el corregimiento Genoy kilómetro 4,6 – San Juan de Pasto.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente la cáscara de naranja respecto a pH, humedad, ceniza, porcentaje de ácido ascórbico, polifenoles y barrido microbiológico.
- Definir las condiciones del proceso de extracción de ácido ascórbico y formulación de cápsulas vitamínicas mediante esferificación inversa.
- Realizar análisis sensorial y determinar concentración de ácido ascórbico en las cápsulas.

1.4 Marco referencial

Para llevar a cabo la presente investigación, se hace uso de diferentes referencias y aspectos bibliográficos, legales, teóricos y de marco contextual.

1.4.1 Antecedentes

1.4.1.1 Internacionales. De acuerdo con el estudio, de la Universidad de Valencia, de la autoría de (Gómez et al., 2023), se tiene la investigación titulado “Liberación del valor de los residuos, un estudio comparativo de los métodos de extracción de ácido ascórbico de la cáscara de naranja utilizando disolventes eutécticos profundos naturales a base de cloruro de colina”, la

piel de naranja es el principal residuo que se produce en la industria del zumo, rica en compuestos bioactivos. Este estudio compara la extracción por calentamiento-agitación (HS) y asistida por ultrasonido (UAE), utilizando cuatro diferentes disolventes eutécticos profundos naturales a base de cloruro de colina (NADES) para determinar que método es más eficaz en la extracción de la molécula siendo la extracción por ultrasonido la metodología más adecuada que generó mayor arrastre de ácido ascórbico.

De acuerdo con el estudio “Efficient extraction of vitamin C from citrus peel by NADES solvents” proporciona pruebas sólidas donde se evidencia que los solventes NADES son un método eficaz y eficiente para la extracción de ácido ascórbico de la cáscara de los cítricos; generando un impacto significativo en la industria farmacéutica ya que podrían conducir al desarrollo de métodos nuevos y mejorados para la producción de suplementos vitamínicos y antioxidantes. Además de los beneficios de mayor eficiencia y reducción del impacto ambiental, los disolventes NADES también ofrecen otras ventajas sobre los métodos de extracción tradicionales. Por ejemplo, los disolventes NADES generalmente no son tóxicos y son biodegradables convirtiéndolos en una alternativa más sostenible y amigable con el medio ambiente que los disolventes tradicionales.

1.4.1.2 Nacionales. De acuerdo con el estudio, se tiene en cuenta el artículo realizado por Leyton et al., (2017) en la Universidad del Valle denominado: Evaluación de propiedades fisicoquímicas en el secado de naranja (*Citrus Sinensis*) mediante liofilización: Influencia del espesor la liofilización es uno de los mejores métodos de conservación de alimentos. El objetivo de este estudio de la Universidad del Valle (Leyton et al., 2017), se evaluó el efecto del espesor (3, 4 y 5 mm) en las propiedades de la cáscara de naranja liofilizada. Se encontró que el espesor influye en la cinética del secado, la actividad del agua y la porosidad. Las muestras más delgadas (3 y 4 mm) presentaron menor contenido de humedad y mayor porosidad al final del proceso, en comparación con las muestras de 5 mm. La liofilización se presenta como un método adecuado para conservar rodajas de naranja, ya que permite reducir la humedad, la actividad del agua y aumentar la porosidad.

Por otra parte, del Ministerio de Salud (Minsalud, 2015), se encuentra el estudio titulado: Estrategia nacional para la prevención y control de las deficiencias de micronutrientes en Colombia 2014 – 2021, en el cual se encontró que el consumo promedio de ácido ascórbico en adultos mayores de 60 años es de 74.7 mg/día, cifra que se encuentra por debajo de la Ingesta Dietética de Referencia (IDR) para esta vitamina, que es de 90 mg en hombres y de 75 mg en mujeres.

En el estudio “Estrategia de promoción de alimentación saludable” realizado recientemente encontró que el consumo de frutas y verduras ricas en ácido ascórbico se asociaba con una menor incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles, tales como la hipertensión arterial y la diabetes mellitus tipo 2.

En este sentido, es importante promover el consumo de ácido ascórbico en la población colombiana, especialmente en niños y adultos mayores, como medida preventiva de diferentes enfermedades y mejoramiento del estado nutricional.

Respecto a los métodos de encapsulación, la tecnología de esferificación inversa ha sido ampliamente utilizada en la industria alimentaria y farmacéutica para proteger y liberar compuestos activos de manera controlada. Según (Ribeiro et al., 2018) "La esferificación inversa permite la formación de microcápsulas, de tamaño nanométrico a micrométrico, que permiten la liberación controlada de una variedad de compuestos bioactivos, incluyendo compuestos terapéuticos y nutrientes"

1.4.2 Marco teórico

1.4.2.1 Producción de naranja en Colombia. El fruto de la naranja es producido en más de 140 países, la mayor parte producida en el cinturón ecuatorial, cubriendo las áreas tropicales y subtropicales del mundo. Colombia posee cerca de 97.000 Hectáreas sembradas en cítricos, las cuales se encuentran distribuidas casi por completo en Colombia con una producción total de 1.257.474 Toneladas y una productividad promedio de 15 T/Ha. (Miranda, 2020)

1.4.2.2 Residuos de naranja en Colombia. En Colombia, entre 15 y 25 Toneladas de cáscara de naranja se desechan semanalmente tras la producción de jugos cítricos. Este residuo termina en rellenos sanitarios, donde se descompone liberando gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global (Alvarado y Hernández, 2018).

Colombia produce alrededor de 230.000 toneladas de naranja anuales, sin embargo, los residuos generados por esta fruta no se utilizan de manera eficiente. Las investigaciones sobre el uso de estos residuos se han concentrado principalmente en la producción de biocombustibles, compostaje, fibras, suplementos alimenticios para animales, aceites y pectinas, productos que tienen una alta demanda en el mercado nacional (Trujillo, 2019).

1.4.2.3 Naranja. La naranja es un fruto del naranjo dulce, este árbol pertenece al género Citrus de la familia de las rutáceas; El fruto de estos árboles tiene la peculiaridad de que su pulpa está formada por numerosas vesículas llenas de jugo. Este fruto es destacado por ser rico en ácido ascórbico, cabe resaltar que contiene ácido fólico y minerales como el potasio, el magnesio, además, también contiene elevadas cantidades de betacaroteno o provitamina A.

Es originaria del sureste de China y norte de Birmania, aunque se la conoce en el área mediterránea desde hace aproximadamente tres mil años. Esta familia comprende más de 1.700 especies; además, consta de 20 especies con frutos comestibles todos ellos contienen gran cantidad de ácido ascórbico, flavonoides y aceites esenciales (Yáñez et al., 2007).

El ácido ascórbico contribuye a neutralizar los radicales libres que aceleran el envejecimiento y aumentan las posibilidades de desarrollar células malignas, por lo que el consumo de esta vitamina contribuye a combatir la exposición a la contaminación y los rayos ultravioleta o UV (Frutamare, 2022).

1.4.2.4 Cáscara de naranja. Es la capa exterior de la fruta, la parte naranja que normalmente desechamos. Está compuesta por dos partes principales el flavedo, que es la parte externa de color intenso, rica en aceites esenciales, que le dan a la naranja su aroma y sabor característicos. Contiene d-limoneno, un compuesto con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias y el

albedo que es la parte blanca esponjosa que se encuentra debajo del flavedo. Es rica en fibra y pectina, un tipo de fibra soluble que ayuda a regular la digestión.

1.4.2.5 Ácido ascórbico. El ácido ascórbico es un nutriente esencial requerido por el cuerpo humano para mantener la salud y el bienestar. Según lo publicado en la revista (Nutrients, 2017), " (Carr y Maggini, 2017, p 43)."El ácido ascórbico actúa como un antioxidante y es importante para la síntesis de colágeno, la absorción de hierro y la función inmune.

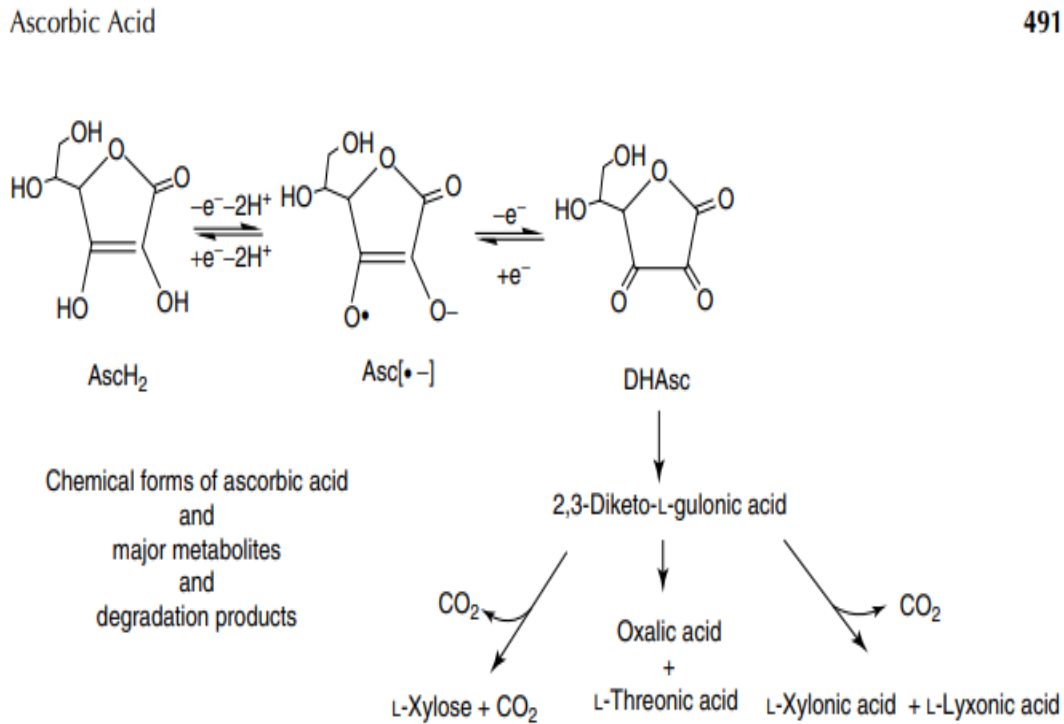
Este compuesto tiene un papel como factor redox y catalizador en una gran serie de reacciones y procesos bioquímicos; es un antioxidante hidrosoluble que actúa como protector de las células contra los efectos de los radicales libres. Además, es un nutriente necesario y requerido por el cuerpo para formar vasos sanguíneos, cartílagos, músculos y colágeno en los huesos.

Se estima que el mercado global de ácido ascórbico experimentará un crecimiento anual compuesto (CAGR) del 5,1% durante el período de pronóstico entre 2022 y 2027 (Intelligence, 2023).

La forma oxidada de la vitamina C (ácido ascórbico) retiene la actividad de esta y puede existir como un hemicetal hidratado. El ácido deshidro-L-ascórbico cristalino puede existir como un dímero (Janos et al. 2013). En la figura 1 se muestran las dos formas predominantes y algunos de sus productos de oxidación asociados.

Figura 1.

Ácido ascórbico y diversos productos de oxidación.



Fuente: (Janos et al. 2013)

La propiedad química más relevante del ácido ascórbico es la oxidación reversible a ácido semidehidro-L-ascórbico y oxidación posterior al ácido deshidro-L-ascórbico, esta propiedad es el fundamento de sus actividades fisiológicas conocidas. Además, el protón del oxígeno-3 es ácido ($pK_1 = 4,17$), que contribuye a la naturaleza ácida del ácido ascórbico (Janos et al. 2013).

En cuanto a las reacciones de degradación del ácido L-ascórbico en soluciones acuosas dependen de varios factores como el pH, la temperatura, la presencia de oxígeno o metales (Serra y Cafaro, 2007). En la tabla 1 se describen las propiedades físicas del ácido ascórbico.

Tabla 1.

Propiedades físicas del ácido ascórbico.

Selected Physical Properties of Ascorbic Acid	
Empirical formula	C ₆ H ₈ O ₆
Molar	
Mass	176.13
Crystalline form	Monoclinic, mix of platelets and needles
Melting point	190°C-192°C
Optical rotation	[α] _{25/D} +20.5° to 21.51° (cm = 1 in water)
Ph., at 5 mg/MI	~3
at 50 mg/MI	~2
pK ₁	4.17
pK ₂	11.57
Degradation temperature	30 °C
Redox potential (dehydroascorbic acid/ascorbate)	- 174 mV
(ascorbate •-,H ⁺ /ascorbate ⁻)	+228 mV
Solubility, g/mL	
Water	0.33
Ethanol, abs.	0.02
Ether, chloroform, benzene	Insoluble
Absorption spectra	
at pH 2	E _{max} (1%, 10 mm) 695 at 245 nm
at pH 6.4	E _{max} (1%, 10 mm) 940 at 265 nm

Fuente: (Serra y Cafaro, 2007)

1.4.2.6 Disolventes Naturales Eutécticos Profundos (NADES). Disolventes reconocidos como seguros debido a su baja toxicidad, fácil biodegradabilidad y reciclabilidad, los NADES se derivan de una combinación de dos o más compuestos naturales que a través de la interacción de los enlaces de hidrógeno, desarrollan una fase líquida normalmente translúcida con alta viscosidad y un punto de fusión más bajo que los compuestos individuales; un ejemplo típico de NADES es el jarabe de arce, el azúcar de remolacha, el líquido intracelular (azúcares y aminoácidos) y la miel de abeja; siendo este último el compuesto de mayor efectividad debido a su alto contenido de glucosa, fructosa, compuestos bioactivos, minerales y vitaminas; no en vano, el uso de la miel como disolvente ha sido reportado en varias culturas antiguas por ejemplo, para la preparación de medicinas tradicionales o incluso para la extracción de “daizin”, un compuesto fenólico precursor que tiene actividad estrogénica y la extracción de ácido ascórbico.

Más sin embargo el uso de disolventes NADES para la extracción de compuestos bioactivos es relativamente reciente (Avilémis et al., 2022).

1.4.2.6.1 Alginato de Sodio. Extraído de algas marrones, el alginato de sodio, también conocido como ácido algínico, es un polisacárido natural que compone entre el 20% y el 25% del peso seco de estas algas. Se presenta en forma de polvo blanco soluble en frío. Sus sales, con gran capacidad para retener agua (Pochteca, 2017), una de las propiedades más relevantes del alginato de sodio es su poder gelificante. Al combinarse con una fuente de calcio, modifica la viscosidad o consistencia, actuando como espesante o emulsionante. Esta técnica es ampliamente utilizada en la industria gastronómica y farmacéutica para esferificar diversos líquidos saborizados o soluciones. En resumen, el alginato de sodio es un polisacárido natural derivado de las algas marrones, con propiedades gelificantes y espesantes, ampliamente utilizado en la industria alimentaria y farmacéutica. (Pochteca, 2017).

1.4.2.6.2 Cloruro de calcio. El cloruro de calcio, una sal de calcio común en la industria alimentaria. Su función varía dependiendo del alimento o proceso de transformación en el que se utilice (Barrios, 2019).

1.4.2.6.3 Esferificación inversa. La esferificación inversa es una técnica de encapsulación en la que se da forma esferas a partir de todo tipo de líquido a partir de una reacción iónica. La idea es proporcionar a la sustancia una textura y apariencia similar a la de una yema de huevo o a un caviar. Existe también la técnica de encapsular una base con gelatina para obtener este tipo de textura (CookStorming, 2017).

En la esferificación inversa, el líquido que forma las cápsulas es rico en calcio y se sumerge en una mezcla de agua + Alginato (Europe, 2018).

En la técnica culinaria de esferificación, el alginato se emplea como principal ingrediente. Este polisacárido natural, extraído de algas pardas como *Laminaria* y *Macrocystis*, no es tóxico, se degrada naturalmente y posee la capacidad de formar geles sólidos en presencia de ciertos iones, principalmente calcio. Este tipo de gelificación se conoce como gelificación ionotrópica, y se produce por el entrelazamiento de cadenas de alginato con dichos iones (Barrios, 2019).

1.4.3.1 Métodos de cuantificación de ácido ascórbico

1.4.3.1.1 Espectrofotometría directa a espectrofotometría UV. Es un método de análisis que se emplea para cuantificar la concentración de un compuesto en una solución. Este proceso se fundamenta en la capacidad de las moléculas de absorber radiación electromagnética, y en que la cantidad de luz absorbida es proporcional a la concentración del compuesto. Para llevar a cabo esta medición, se utiliza un espectrofotómetro que selecciona la longitud de onda de la luz que atraviesa la solución y determina la cantidad de luz absorbida por la misma.(Díaz et al., 2016)

1.4.3.1.2 HPLC. Es un método cromatográficos utilizado para separar y analizar los componentes químicos de una mezcla. En este proceso se emplean una fase móvil y una fase estacionaria, que son incompatibles entre sí, junto con la muestra que se desea analizar. La fase móvil, que consiste en un líquido, se encarga de transportar la muestra a través de la fase estacionaria, la cual puede ser una película sólida o líquida soportada por un sólido inerte. Las distintas interacciones químicas y físicas entre la mezcla a analizar y las dos fases determinan la retención y separación de los diversos componentes de la mezcla.(Ospina & Hernández, 2018)

1.4.4 Marco contextual

El desarrollo de la investigación tiene como fin encapsular ácido ascórbico extraído de la cáscara de naranja de la especie *Citrus Sinensis* previamente recolectada en el corregimiento de Genoy kilómetro 4,6 – Nariño, se realiza en el campus deportivo Alvernia sede de la Universidad Mariana, que se encuentra ubicado en la ciudad de San Juan de Pasto. El proyecto tiene como base la extracción ácido ascórbico por ultrasonido usando como medio solventes NADES y posterior a ello la cuantificación de ácido ascórbico por espectroscopia directa, ya obtenidos dichos valores, mediante un diseño experimental multifactorial se determinan las mejores condiciones para extraer el compuesto de interés; evaluado el solvente más eficiente se plantea un diseño experimental multifactorial para determinar las proporciones adecuadas de alginato y cloruro de calcio que permitan formar la cápsula a las especificaciones deseadas para finalmente llevar a cabo un análisis sensorial respecto a textura, color y olor.

1.4.5 Marco legal

Dentro de este marco para el estudio pertinente, se tiene en cuenta la siguiente normatividad:

Resolución número 3096 de 2007 (05 septiembre 2007). En reglamentos técnicos estipulan las condiciones y requisitos que deben cumplir los aditivos alimentarios, en los que se anuncia o no información sobre el valor nutricional, las propiedades nutricionales y las propiedades medicinales, o cuando las descripciones tienen el mismo efecto que las declaraciones nutricionales.

Artículo 1° - objeto. El presente Decreto tiene por objeto desarrollar reglamentos técnicos que deben cumplir con las condiciones y requisitos para el etiquetado y etiquetado de los aditivos alimentarios, independientemente de que el aditivo alimentario tenga un valor nutricional declarado, propiedades nutricionales, propiedades para la salud o cuando se describa que tiene tales efectos. es él. como declaraciones nutricionales o de salud.

Artículo 2° - campo de aplicación. Las disposiciones contenidas en el presente reglamento técnico se aplican a todos los suplementos dietarios para consumo humano envasado y/o empacado, producidos en el país e importados y vendidos en el territorio de ese país.

Decreto número 3249 de 2006 (septiembre 18). Regula la producción, comercialización, envasado, etiquetado, sistema de registro sanitario, control de calidad, vigilancia sanitaria y control de aditivos alimentarios, impone otras normas y deroga el Decreto 3636 de 2005.

Título II. Requisitos de fabricación, comercialización, formas de presentación y declaraciones de propiedades nutricionales y en salud de los suplementos dietarios.

Resolución número 2240 de 2017 (agosto 22). La resolución 2240 establece que la esferificación solo puede aplicarse a alimentos seguros para el consumo humano. Los alimentos que se sometan a esta técnica deben cumplir con los requisitos establecidos en la legislación colombiana. En particular, la resolución establece que los alimentos que se sometan a esferificación deben ser de origen animal o vegetal, no contener sustancias tóxicas o nocivas para la salud y no contener microorganismos patógenos.

1.5 Metodología

1.5.3 Paradigma de investigación

Bajo un paradigma descriptivo y analítico, este estudio tiene como objeto producir cápsulas vitamínicas a partir del ácido ascórbico extraído de la cáscara de naranja recolectada en el corregimiento Genoy kilómetro 4,6 – San Juan de Pasto. En esta investigación se propone generar una alternativa de aprovechamiento a los residuos de cáscaras de naranja, causando un impacto ecológico positivo en la disminución de residuos sólidos, dando valor agregado al residuo del jugo de naranja, de manera que se generen nuevas técnicas para el desarrollo de productos en la región que potencialmente puedan aportar a la economía y generen beneficios a quienes lo consuman.

1.5.4 Enfoque de investigación

El enfoque de investigación de este estudio es de carácter mixto, ya que se busca extraer ácido ascórbico mediante ultrasonido y evaluar el solvente y las condiciones que favorezcan dicha extracción, haciendo uso de diseños experimentales multifactoriales y análisis sensorial.

1.5.5 Tipo de investigación

El tipo de investigación en el que se encuentra el estudio, es de carácter experimental y cuantitativo, dado que se encuentra enfocado a la recolección de información validable y reproducible. Logrando evidenciar el problema y posteriormente plantear una alternativa de solución innovadora usando un componente nutricional obtenido a partir de residuos de la cadena productiva de la naranja. Además, se realiza investigación experimental para la recolección y análisis de información.

1.5.6 Población y muestra

De una población de 1320 Kg semanales de cáscara naranja de la especie (*Citrus Sinensis*) generada en el corregimiento Genoy kilómetro 4.6 – San Juan de Pasto, obtenida después de extraer su jugo para la venta.

1.5.6.1 Determinación muestreo aleatorio simple. Para la obtención de una muestra representativa de cáscara de naranja se aplicó el método de muestreo aleatorio simple. En este proceso, se empleó la Ecuación indicada por Benassini (2009); con un nivel de confianza del 95%,

$$\text{Tamaño de muestra} = \frac{4 * p * q * N}{s^2 * (N - 1) + (4 * p * q)}$$

Dónde:

n: Tamaño de la muestra

p: Probabilidad de que se realice el evento

q: Probabilidad de que no se realice el evento

s: Error permitido al cuadrado

N: tamaño de la población finita

En el mercado se tiene información sobre la característica o fenómeno investigado, pero en caso de desconocimiento o falta de claridad, se asignan valores máximos a la probabilidad de que el evento ocurra y a la probabilidad de que no ocurra (0.50 y 0.50), los cuales se representan con las literales p y q.

2. Presentación de Resultados

2.1 Adecuación de materia prima

2.1.1 Lavado y Desinfección

Debido a que la cáscara de naranja es un residuo se realiza un lavado y desinfección con una solución de hipoclorito y agua a una concentración de 8% para 10 kg; eliminando microorganismos, suciedad e impurezas presentes en los residuos y así continuar con el proceso de transformación.

2.1.1.1 Limpieza final. Se pesó la cáscara de naranja y posteriormente se realizó de forma manual la extracción del albedo y se pesó nuevamente tanto los residuos de albedo como la cáscara, se realizó nuevamente un lavado con agua pretratada para retirar impurezas restantes, en una concentración de 8%. Una vez se obtuvo la cáscara de naranja desinfectada, se realizó el corte y reducción de tamaño de forma manual para obtener partículas entre 2 y 3 cm.

2.1.2 Pretratamiento de materia prima

2.1.2.1 Liofilización. Las muestras, se congelaron a -40°C , manteniéndose en el congelador, como mínimo, durante 48 horas. (Hurtado, 2015) La cantidad de material recolectado se llevó al liofilizador (liofilizador LyoAlfa) con una temperatura de -30°C por un periodo de 7h 20 min, a una presión de 100 Pa, velocidad de secado es de 1725 rpm. Una vez terminado este procedimiento se empaco en bolsas ziploc, es decir al vacío para evitar transferencias de masa (Silva et al., 2021)

2.1.2.2 Pulverizado en Procesadora de Alimentos. Teniendo en cuenta el tamaño de partícula requerido (200 μm), se realizó el triturado en la procesadora de alimentos con capacidad de 650 w con el fin de obtener una partícula más pequeña.

2.1.3 Caracterización fisicoquímica, análisis microbiológico y cuantificación de polifenoles de la cáscara de naranja

2.1.3.1 pH. Para la prueba de pH se realizó el siguiente proceso; se tomaron 3 muestras de cáscara de naranja de 10 g cada una, las cuales se sometieron a molido con ayuda de un mortero donde se obtuvo una mezcla líquida, esta mezcla se pasó a un beaker para medir su pH con el peachímetro (Jenway modelo 3510). Posteriormente se calculó el promedio y desviación estándar para obtener el valor del pH final. (Cabrera & Portilla, 2016)

2.1.3.2 Humedad. De acuerdo con la metodología para la determinación de humedad utilizada por en la Universidad de Zaragoza en el año 2018, se utilizó 3 muestras de cáscara de naranja de 3 g cada una, se colocó en la balanza de humedad (MB25 OHAUS) para luego calcular el promedio y desviación de los valores y obtener el porcentaje de humedad presente en la materia prima; se realizó el proceso por triplicado para mayor confiabilidad en el resultado (Cabrera y Portilla, 2016).

2.1.3.3 Ceniza. Para la determinación de cenizas, se tomaron 3 muestras de cáscara de naranja de 5 g cada una, se pesaron en un crisol vacío, luego se llevó el crisol a la mufla (THERMO SCIENTIFIC - F30420C) y se calcinaron las muestras a 400 ± 17 °C durante un período de 2 horas. Una vez calcinadas las muestras se retiraron de la mufla y se colocaron en un desecador para enfriar, seguidamente se pesaron los crisoles y se realizó el cálculo de la cantidad de ceniza porcentual presente en la muestra con la siguiente fórmula. (Márquez, 2007)

$$\%C = \frac{(Pf - Pi)}{Pc} \times 100$$

Dónde:

Pf: peso final.

Pi: peso inicial.

Pc: peso de las muestras.

(Vildósola, 2017)

2.1.3.4 Ácido ascórbico. Para la determinación de ácido ascórbico se llevó a cabo el siguiente proceso; se tomaron 3 muestras de 2 g cada una y se les añadió 2 mL de ácido fosfórico, posteriormente se centrifugo a 4000 rpm durante 20 min, las muestras se filtraron en nylon (filtro de jeringa PVDF hidrófilo 0,45 μ m y 13 mm) y se almacenaron en viales ámbar en congelación hasta el momento del análisis por HPLC.(Mangas, 2021)

2.1.3.5 Análisis microbiológico. Para la identificación de microorganismos, se tomaron 3 muestras de cascara de naranja para realizar la determinación por triplicado, se debe preparar 39 g de medio de cultivo PDA en 1 litro de agua destilada y dejar reposar en un tiempo de 24 horas. Se procede a realizar el frotis bacteriano a la cáscara de naranja con un hisopo estéril, con ayuda del mechero se abre la caja Petri para evitar contaminación de la muestra con el ambiente, una vez se tiene preparado el cultivo se deja por 8 días en incubación a una temperatura ambiente. Pasado el tiempo de incubación se realiza el conteo y la identificación de microorganismos presentes en la materia prima. (Chrysanthi et al., 2021)

2.1.3.6 Cuantificación de polifenoles. Se utilizó el método de Folin-Ciocalteu, que es un ensayo colorimétrico ampliamente utilizado para la determinación del contenido total de polifenoles en muestras de origen vegetal; Inicialmente se preparó una solución madre de ácido gálico y una serie de diluciones de en concentraciones conocidas, en tubos de ensayo, se agregaron 250 μ L de cada dilución de ácido gálico y se añadió 15 mL de agua destilada y 1,25 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu, posterior a ello se mezcló y se dejó reposar durante 30 minutos a temperatura ambiente y se midió la absorbancia de cada solución a 540 nm en espectrofotómetro; una vez se obtuvo estos datos se construyó una curva de calibración graficando la absorbancia en función de la concentración de ácido gálico.

Se midieron 2 mL de la muestra diluida o extraída (extracto obtenido a partir de la cáscara de naranja) en un tubo de ensayo y se agregaron 2 mL del reactivo DNPH dejando incubar a temperatura ambiente durante 30 minutos, finalmente se midió la absorbancia de la muestra a una longitud de onda de 540 nm en el espectrofotómetro utilizando agua destilada como blanco, una vez obtenidos estos datos se hizo uso de la curva de calibración para determinar la concentración de ácido ascórbico en la muestra a partir de la absorbancia medida. (Banica et al., 2020)

2.1.4 Elaboración de solventes NADES por duplicado.

2.1.4.1 Elaboración solvente 1 (NADES S1). Se mezclaron 40 mL miel de abeja con 5 g cloruro de colina, para mejorar la extracción y disminuir la viscosidad, se realizó una adición de agua destilada en una proporción de 60:40 v/v equivalente a 60 mL de agua, siendo el cloruro de colina el aceptor de enlaces de hidrógeno y la glucosa el donante de enlaces de hidrógeno, luego se llevó a cabo un calentamiento en agitación constante y temperatura de 90°C hasta obtener una fase líquida amarillenta pálida (Avilémis et al., 2022).

2.1.4.2 Elaboración solvente 2 (NADES S2). Los componentes (miel de abeja, agua destilada) se mezclaron en relación 1:1 p/p, dicha relación favorecerá la solubilidad, luego se llevó a cabo un calentamiento en un baño de agua con agitación constante y temperatura de 90 °C obteniendo una sustancia homogénea (Avilémis et al., 2022).

2.1.5 Proceso de extracción de ácido ascórbico y cuantificación

2.1.5.1 Extracción asistida por ultrasonido de ácido ascórbico. En el procedimiento de extracción se tomó 1,5 g de cáscara de naranja liofilizada por cada muestra, a los cuales se añadió 10 mL de solvente (NADES S1 y NADES S2) por separado. Las mezclas se sometieron a agitación magnética a 500 rpm y a temperaturas de 20, 22 y 25 °C respectivamente por tiempos de 10, 20 y 30 min para cada solvente. A continuación, se añadieron 2 mL de ácido fosfórico a cada muestra y se llevaron a un baño de ultrasonido a una temperatura de 25 °C por 30 min a 42 kHz. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 4700 rpm durante 30 min. (Avilémis et al., 2022)

2.1.5.2 Cuantificación mediante HPLC. La preparación de la muestra es un paso crucial en la cuantificación de ácido ascórbico por HPLC. Previamente se realizó la extracción de la molécula mediante ultrasonido y acción del ácido fosfórico, las muestras se filtraron al vacío ya que se debía procurar homogenizar, finalmente se llenaron los viales ámbar con las respectivas muestras (1,5 mL) y se llevaron a refrigeración a 4 °C, se midió la concentración de ácido ascórbico de cada solución en el equipo HPLC Thermo Scientific Ultimate 3000 RS, con un flujo

de 0.60 mL/min, un volumen de inyección de 10 µL, y su detector de 254 nm (Gazdik et al., 2020), se realizó la medición de la concentración de 18 soluciones, las cuales están compuestas por los solventes NADES y una solución adicional de zumo de naranja puro.

2.1.5.3 Cuantificación por espectroscopia UV directa. Para la preparación de la curva de calibración, se realizó las diluciones de la solución de ácido ascórbico estándar a distintas concentraciones (20 mg/mL, 40 mg/mL, 60 mg/mL, 80 mg/mL, 10 mg/mL) y se midió 2 mL de cada solución en tubos de ensayo individuales. Posteriormente, se agregó 2 mL de 2,4 – dinitrofenilhidrazina a cada tubo, se dejó reposar durante 15 minutos y se adiciono 1 mL de ácido sulfúrico, se mezcló e incubo durante 30 minutos a temperatura ambiente. Luego, se realizó la lectura de la absorbancia de cada solución a 540 nm en el espectrofotómetro utilizando agua destilada como blanco. Para graficar la curva de calibración, se coloca las concentraciones de las soluciones en el eje X y las absorbancias medidas en el eje Y, ajustando los puntos a una línea recta. (Rosales y Arias, 2015)

Para la preparación de la muestra, se procedió a diluir el solvente NADES con agua destilada en una proporción (1:10). Posteriormente, en la fase de análisis de la muestra, se tomó 2 mL de la muestra diluida y se agregó en los tubos de ensayo, seguido de la adición de 2 mL del reactivo 2,4 – dinitrofenilhidrazina y 1 mL de ácido sulfúrico, dejando reposar durante 15 minutos. Luego se midió la absorbancia a una longitud de onda de 540 nm en el espectrofotómetro, utilizando agua destilada como blanco. Finalmente, para el cálculo de la concentración de ácido ascórbico, se empleó la curva de calibración previamente elaborada para determinar la concentración en las muestras a partir de la absorbancia medida. (Rosales & Arias, 2015) Se aplicó la siguiente formula:

$$\text{Concentración de ácido ascórbico en la muestra } \left(\frac{\text{mg}}{\text{mL}} \right) = \frac{(\text{Absorbancia de la muestra} - \text{Absorbancia del blanco})}{\text{Pendiente de la curva de calibración}}$$

2.1.5.4 Diseño experimental multifactorial 1

Tabla 2.

Diseño experimental 1: Cuantificación de ácido ascórbico.

Temperatura °C			Tiempo (min)			Solventes		Concentración de ácido ascórbico (mg/mL)
20	22	25	10	20	30	S1	S2	

Este es un diseño experimental multifactorial 3^k , el cual tiene como variable de respuesta la concentración de ácido ascórbico en términos de mg/mL presente en las muestras. Se identifican también 3 factores: temperatura (°C), tiempo (Min) y solventes; los factores de temperatura y tiempo se componen a su vez de 3 niveles cada uno y el factor de solvente está compuesto por 2 niveles NADES (S1) y NADES (S2), cabe resaltar que cada muestra_ tiene una temperatura menor a 30°C para la conservación del ácido ascórbico de la cáscara de naranja *Citrus Sinensis*.

Este proceso de obtención de datos se realizó por espectroscopia UV directa, este diseño experimental se llevó a cabo por duplicado para cada muestra y su finalidad es conocer cuál solvente permite extraer una mayor concentración de ácido ascórbico; y cuáles condiciones de tiempo y temperatura son las adecuadas.

Para determinar si los efectos son estadísticamente significativos (diferentes de cero) se requiere el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% además de la realización de una prueba Tukey, para comparar grupos y determinar si estos tienen diferencias significativas entre sí, ya que el estudio implica un número elevado de comparaciones; haciendo uso del software “statgraphics”; se realizará un total de 36 corridas para lograr dicho objetivo.

Hipótesis En esta sección se busca establecer las hipótesis correspondientes al diseño experimental 1

Ha: Los parámetros de tiempo, temperatura y solventes son significativos en la extracción de ácido ascórbico.

Ho: Los parámetros de tiempo, temperatura y solventes no son significativos en la extracción de ácido ascórbico.

2.1.5.5 Diseño experimental multifactorial 2. En este proceso se debe mezclar el solvente NADES óptimo (Diseño experimental 1) con el compuesto cloruro de calcio y el alginato con agua. El objetivo de este diseño es obtener como variable de respuesta la concentración de ácido ascórbico final y la resistencia de las cápsulas vitamínicas, teniendo como factores la concentración de cloruro de calcio y alginato, con la finalidad de estandarizar el proceso y producir cápsulas vitamínicas con las características esperadas. Es necesario contar con los resultados del primer diseño experimental.

Tabla 3.

Diseño multifactorial: Determinación de proporciones para esferificación

Cloruro de calcio (g)			Alginato (g)			Concentración de	Resistencia	
0,3	0,6	0,9	0,5	1	1,5	ácido ascórbico		
							(mg/mL)	

En el experimento se dispone de una colección de 9 unidades teniendo en cuenta que se realizó por duplicado se obtuvo un total de 18 muestras experimentales donde se evaluó el efecto de las relaciones de concentración y su respectiva efectividad, se contó con 2 factores la concentración de cloruro de calcio y alginato cada uno con 3 niveles, se obtuvieron dos variables de respuesta la concentración de ácido ascórbico y la resistencia.

Para el análisis de datos se requirió el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% además de la realización de una prueba Tukey haciendo uso del software “Statgraphics”

2.1.6 Obtención de cápsulas

2.1.6.1 Preparación de soluciones para encapsulación. Se realizó la mezcla de la solución de ácido ascórbico y cloruro de calcio, con ayuda del agitador magnético, con la proporción obtenida en el diseño experimental #1, durante un tiempo de 30 min, posteriormente se vertió la mezcla en moldes de 1 mL y luego se llevó a congelación a -4 °C.

Paralelamente se elabora la mezcla de alginato más agua, con la proporción de cloruro obtenida con anterioridad en el diseño experimental multifactorial, con ayuda del agitador magnético durante 40 para su homogenización, posteriormente se llevó la mezcla a refrigeración (Barrios, 2019).

2.1.6.2 Encapsulación por esferificación inversa. En este proceso se tomó una muestra de 100 mL de solución base más cloruro de calcio con ayuda de los moldes en forma circular y estos se sumergieron en el medio gelificante de alginato más agua, esto ocurre a temperatura ambiente en un tiempo 30 segundos, una vez se formadas la capsulas se retiran de la solución (Barrios, 2019) y se sumergen en agua para eliminar restos de alginato.

2.1.6.3 Empaque del producto. Para la desinfección de los envases se llevó a cabo en la marmita con 40 litros de agua a una temperatura de 80°C donde se sumergieron los envases durante 3 minutos para la eliminación de bacterias y microorganismos. Seguidamente se realizó el envasado donde cada recipiente contiene 30 g de cápsulas y se selló al vacío garantizar su conservación. Para el etiquetado, se insertó las etiquetas con los respectivos datos del valor nutricional, donde se especifica que es un producto 100 % natural y el tiempo de durabilidad.

2.1.6.4 Almacenamiento. Se almaceno en refrigeración a 4°C.

2.1.7 *Análisis sensorial*

Para el desarrollo de las pruebas sensoriales, se tomó una muestra de 150 g de las cápsulas vitamínicas (producto final) con mayor concentración de ácido ascórbico y mejor resistencia, las cuales fueron enviada y evaluadas en el Laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos del SENA – Colombia. Estas pruebas sensoriales consisten en la evaluación de sabor, color, olor y textura en muestras de alimentos.

2.2 Resultados y discusión

2.2.1 *Caracterización fisicoquímica de la cáscara de naranja.*

El análisis se realizó con base a la recolección semanal de la materia prima cáscara de naranja de la especie *Citrus Sinensis*, que fue recolecta en 11 puestos de producción de jugos en el corregimiento de Genoy – Nariño, teniendo el estudio de campo realizado se generan 1320 kg por semana, los cuales son tomados como tamaño de la población finita y aplicando la ecuación de tamaño de muestra enunciada en la metodología, con un error máximo estimado del 10% y las probabilidades del evento con un valor de 50% tanto p como q, se obtuvo un tamaño de muestra de 93.02 kg; de los cuales se tomaron 10 kilogramos seleccionados de forma aleatoria para los análisis posteriores a escala laboratorio.

Tabla 4.

Resultados caracterización fisicoquímica de la cáscara de naranja.

Característica	1	2	3	Desviación estándar	Promedio	Teórico
pH	3,67	3,16	3,43	0,25	3,42	3,2 (Rodríguez et al, 2020)
%Humedad	77,41	74,86	77,23	1,4	76,50	75% -85% (Miranda, 2020)
%Ceniza	1,49	1,49	1,52	0,01	1,50	3,2% (Pinzón & Cardona, 2018)
Ácido ascórbico mg/100g	133,8	137,4	133,7	2,10	135,0	136,5 mg/100g (López, 2014)

Como se puede observar en la tabla 4 según (Rodríguez et al, 2020), el pH de la cáscara de naranja para la especie *Citrus Sinensis* es de aproximadamente 3,2 lo que significa que es un material ácido lo cual se debe a la presencia de ácidos orgánicos, como el ácido cítrico, el ácido ascórbico y el ácido málico.

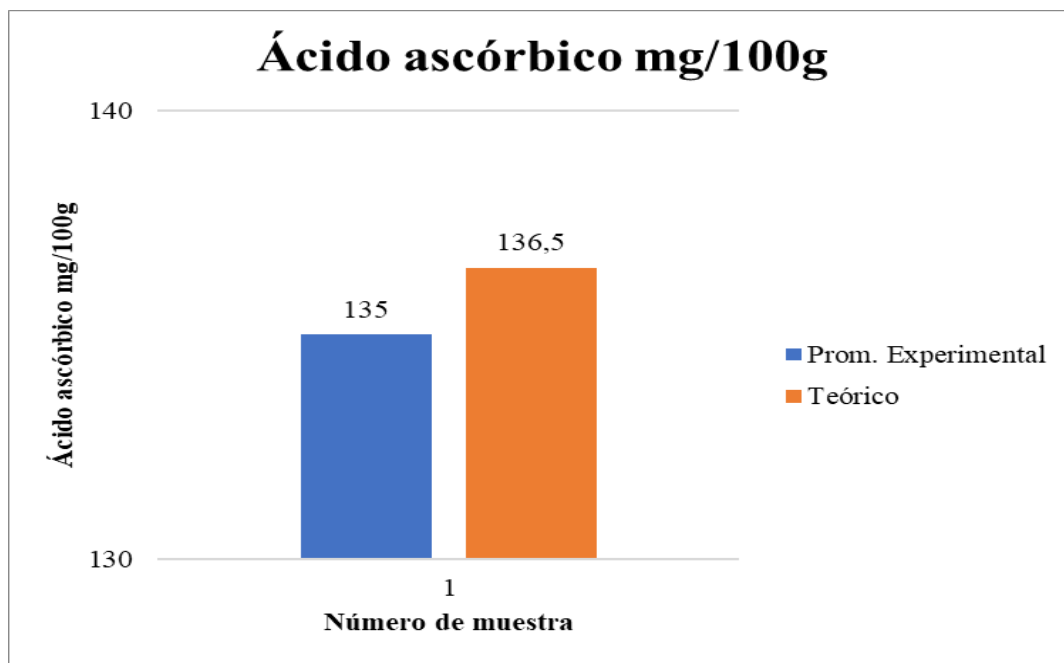
La humedad encontrada experimentalmente es de 76,5% (Tabla 4), en el Manual de recomendaciones técnicas para el cultivo de naranja de la especie *Citrus Sinensis* en el departamento de Cundinamarca, llevado a cabo en Colombia los datos de humedad en la cáscara de naranja variaron aproximadamente entre 75% a 85%. Dicha variabilidad puede deberse a factores como la madurez de la fruta, las condiciones climáticas, el método de análisis y la región de cultivo (Miranda, 2020).

Por otra parte, la estructura de la cáscara de naranja sufrió cambios, pues perdió aproximadamente el 25% de su peso después del método de pérdida de agua por secado, su color fue visiblemente afectado. La pérdida de un porcentaje del peso de la cáscara de naranja fresca se

relaciona con los datos de densidad aparente, la cual pasó de 0.774-0.80 g/cm³ a 0.424 g/cm³, lo cual podría representar no sólo una pérdida de humedad, sino también de algunos de sus solutos; respecto a ceniza se obtuvo un valor de 1,5%. Según (Pinzón y Cardona, 2008) el valor de ceniza en la cáscara de naranja varía según la especie de naranja, las condiciones de cultivo y el método de procesamiento. En general, el valor de ceniza en la cáscara de naranja se encuentra entre el 2% y el 5%, según su estudio: “Caracterización de la cáscara de naranja para su uso como material bioadsorbente”, realizado en Norte de Santander Colombia, se encontró que el valor de ceniza en la cáscara de naranja de la especie *Citrus Sinensis* fue de 3,2%.

Figura 2.

Ácido ascórbico.



Como se puede observar en la figura 2, el porcentaje de ácido ascórbico obtenido fue de 135 mg/100g este valor es ligeramente inferior al expuesto en según (López, 2014, p, 38) en el estudio “Fortificación de cáscara de naranja (*Citrus Sinensis*) por impregnación con miel”, en donde encontraron que la cáscara de naranja contiene aproximadamente 136 mg de ácido ascórbico por cada 100 g-

2.2.2 Frotis bacteriano para evaluar la eficacia del hipoclorito de sodio como agente desinfectante

Tabla 5.

Identificación de microorganismos.

Bacteria - Hongo	Clasificación	Forma
Escherichia coli	Gram (-)	Bacilo
Pseudomonas aeruginosa	Gram (-)	Bacilo
Staphylococcus aureus	Gram (+)	Cocos
Aspergillus fumigatus	Hongo	Hifas hialinas tabicadas

La cantidad total de muestras en la identificación microbiológica en la materia prima (cáscara de naranja) previamente desinfectada y sin desinfectar fue de dos pruebas, las cuales se realizaron por triplicado.

En la muestra sin desinfectar se obtuvo como resultado un numeroso crecimiento de tres bacterias patógenas y un hongo sembrados en agar nutritivo PDA (Agar papa dextrosa), la inhibición se realizó en un tiempo de 8 días a una temperatura de 22°C, por la técnica de frotis bacteriano que permite que los microorganismos crezcan en forma de colonias individuales, en donde se logró identificar los siguientes microorganismos *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Aspergillus fumigatus*.

Para la desinfección de la materia prima (cáscara de naranja) se utilizó 9.52 mL de hipoclorito de sodio a una concentración de 5.25% en 1 litro de agua, en estas muestras no se evidenció el crecimiento microbiano, por lo que se logra concluir que el desinfectante actuó adecuadamente en la eliminación de cualquier tipo de bacteria u hongo existente.

Se observa que las bacterias Gram positivas son más susceptibles a los compuestos antimicrobianos presentes en la cáscara de naranja en comparación con las Gram negativas, posiblemente debido a las diferencias en sus estructuras bacterianas. La pared celular de las

bacterias Gram negativas es más delgada y posee una membrana externa con alto contenido de lípidos, lo que ayuda a mantener la integridad de la pared celular. (Campo et al, 2017).

Según (Muhammad et al, 2021), entre los hongos aislados los que presentan mayor frecuencia de aparición en la cáscara de naranja son el *Aspergillus Níger* (36%), seguido de *Aspergillus Flavus* (25%), *Aspergillus Fumigatus* (22%), *Penicillium Digitatum* con una frecuencia del 35%. En esta investigación se evidencia la variedad de hongos que se encuentran en la cáscara de naranja que generan diversos problemas como la aparición de toxinas (micotoxinas) y el aceleramiento de la descomposición, factores que afectarían el proceso posterior de transformación.

(Flores, 2017). El estudio titulado "Eficacia de un desinfectante biodegradable elaborado a partir de residuos de naranja y quínoa para controlar el crecimiento de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*" analizó la capacidad antibacteriana de dos desinfectantes diferentes: uno que contiene una sal de amonio cuaternario y otro a base de hipoclorito sódico. Se consideraron variables como la temperatura y el tiempo de contacto. Los resultados demostraron que *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* son especialmente susceptibles a los efectos de estos desinfectantes, y se observó una relación inversa entre la eficacia del desinfectante en la reducción de la carga microbiana y la duración de la exposición al mismo.

2.2.3 Curva de calibración del ácido gálico para la cuantificación de polifenoles por el método de Folin Ciocalteu

El ácido gálico es un compuesto fenólico generalmente utilizado como estándar para cuantificar polifenoles en muestras, la curva de calibración relaciona la concentración de este compuesto con la absorbancia medida a una longitud de onda específica; en este caso se realizó una solución concentrada de 100 mg/L, a partir de esta solución se prepararon 10 mL de disoluciones diluidas de concentraciones crecientes de ácido gálico entre 0 y 16 ppm, siendo 0 el blanco, como se evidencia en la tabla 6.

Tabla 6.

Curva de calibración de ácido gálico a partir de una disolución de 100 mg/L.

Reactivos	Concentración (mg/L)								
ppm	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Solución madre									
ácido gálico (mL)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
Agua destilada (mL)	10	9,8	9,6	9,4	9,2	9	8,8	8,6	8,4

Se midió la absorbancia de cada solución estándar a una longitud de onda de 765 nm utilizando un espectrofotómetro, obteniendo los resultados expresados en la tabla 7; esta longitud de onda es utilizada igualmente en el estudio “Cuantificación rápida de fenólicos totales y ácido ferúlico en trigo integral mediante espectrofotometría UV-Vis”, el resultado de este estudio indicó que la longitud de onda de 540 nm es ampliamente utilizada para la construcción de curvas de calibración de ácido gálico, debido a su alta sensibilidad y especificidad para la detección de este compuesto; el estudio reporta valores de coeficiente de determinación (R^2) superiores a 0,95, lo que indica una buena correlación lineal entre la concentración de ácido gálico y la absorbancia medida a 765 nm. (Tian et al., 2021)

Tabla 7.

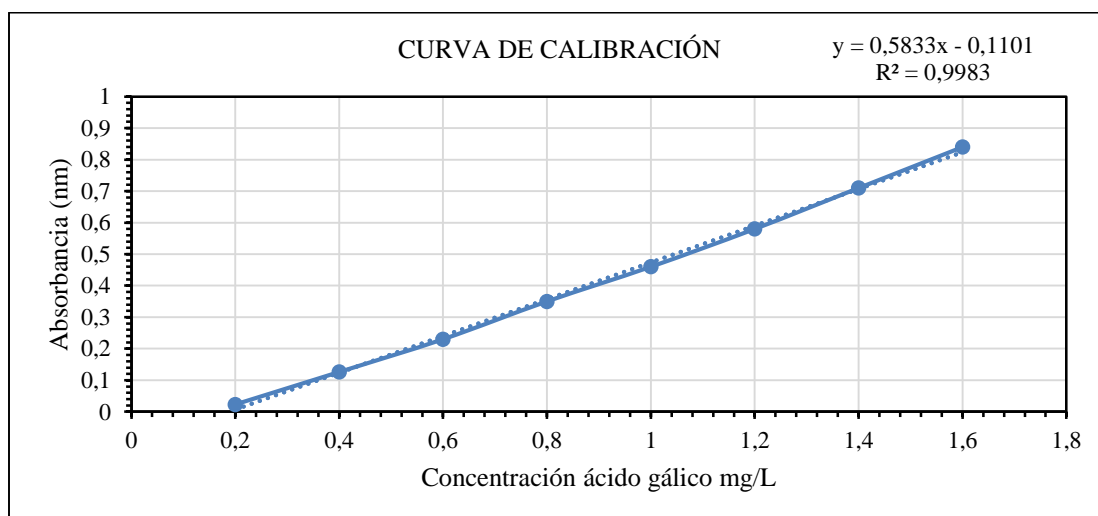
Absorbancia soluciones estándar.

Concentración ácido gálico (mg/L)	Absorbancia
0,2	0,023
0,4	0,126
0,6	0,23
0,8	0,35
1	0,46
1,2	0,580
1,4	0,71
1,6	0,840

Se graficó la absorbancia en función de la concentración de ácido gálico para cada solución estándar.

Figura 3.

Curva de calibración de ácido gálico



Se obtuvo una curva de calibración lineal con una alta correlación entre la absorbancia y la concentración de ácido gálico $R^2 = 0,9983$ y se generó la ecuación de la curva de calibración que se expresa como $Y = 0,5833 X - 0,1101$. Esto indica que la técnica de Folin-Ciocalteu es adecuada para cuantificar polifenoles en muestras utilizando ácido gálico como estándar; esta técnica se utilizó en el estudio “Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos” donde se obtuvo una curva de calibración con una pendiente de 0,52 y un R^2 de 0,998 para la cuantificación de polifenoles en extractos de té verde y frutos cítricos. (Ordoñez et al., 2018)

La pendiente de la curva de calibración 0,5833 representa la sensibilidad del método para este caso, un aumento de 1 mg/L en la concentración de ácido gálico produce un aumento de 0,5833 unidades en la absorbancia

2.2.4 Cuantificación de polifenoles

Inicialmente se midió la absorbancia de cada solución (9 muestras en total) a una longitud de onda de 765 nm utilizando el espectrofotómetro (resultados evidenciados en la tabla 8) y se utilizó la ecuación $X = Y - 0,5833 / -0,1101$ obtenida en la curva de calibración determinando así la cantidad de ácido gálico en el extracto de cáscara de naranja en mg/L (Tabla 9); para expresar la concentración de polifenoles en mg de ácido gálico equivalente por gramo de cáscara de naranja (mg EAG/g) se tuvo en cuenta la cantidad de agua destilada utilizada la cual actuó como disolvente , la cantidad de extracto y la muestra tomada para realizar el análisis, se empleó la fórmula .

$$\frac{\text{Ácido gálico} \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{1000 \text{ mL}} * \frac{\text{mL Disolvente}}{\text{mL Extracto}} * 100; \text{obteniendo los resultados expresados en la tabla 10.}$$

Tabla 8.

Absorbancia extracto de cáscara de naranja (UA),

Absorbancia extracto de cáscara de naranja	
M1	0,257
M2	0,258
M3	0,258
M4	0,303
M5	0,3
M6	0,299
M7	0,221
M8	0,222
M9	0,222

Tabla 9.

Ácido gálico presente en extracto de cáscara de naranja.

Ácido gálico presente en extracto de cáscara de naranja (mg/L)	
M1	0,629
M2	0,631
M3	0,631
M4	0,708
M5	0,703
M6	0,701
M7	0,567
M8	0,569
M9	0,569

Tabla 10.

Polifenoles totales presentes en la cáscara de naranja.

Polifenoles totales presentes en la cáscara de naranja (mg EAG/g)	
M1	0,125
M2	0,126
M3	0,126
M4	0,141
M5	0,140
M6	0,140
M7	0,113
M8	0,113
M9	0,113

Una vez calculados los polifenoles totales en cada muestra se promediaron dichos valores obteniendo un ponderado de 0,126 mg EAG/g.

De acuerdo con (Ordoñez et al., 2018) la cáscara de naranja común y naranja de la especie *Citrus Sinensis* tienen el mayor contenido de polifenoles, con $3,22 \pm 0,05$ y $3,08 \pm 0,03$ mg EAG/g de muestra respectivamente; como se puede evidenciar el resultado obtenido de forma experimental en esta investigación (0,126 mg EAG/g) se encuentra dentro del rango del referente teórico, cabe resaltar que la diferencia de valores puede deberse a diversos factores; en el estudio “Residuos de cáscaras de cítricos como fuente de compuestos de valor añadido: Extracción y cuantificación de polifenoles bioactivos” se encontró un contenido de polifenoles totales en la cáscara de naranja de 1,14 mg de ácido gálico equivalente (EAG) por g de muestra, en la investigación se menciona que los principales factores que afectan el contenido de polifenoles son la variedad y especie de naranja más sin embargo existen otros factores predominantes que influyen en el contenido de polifenoles como las condiciones de cultivo, el clima y el suelo (Gómez et al., 2019).

En el estudio “Optimización de una extracción de polifenoles, método para pulpa y cáscara de naranja dulce (*Citrus sinensis*) para identificar los compuestos fenólicos consumidos” se menciona que el método de extracción utilizado también puede afectar la cantidad de polifenoles que se recuperan, según (Iglesias et al., 2019) los métodos de extracción más comunes incluyen extracción con solventes, extracción con agua caliente y extracción asistida por enzimas, siendo esta última la más eficaz. En el presente estudio se hizo uso de metanol al 70% como solvente, debido a que este método no es el más eficiente la cantidad de polifenoles pudo disminuir.

2.2.5 Liofilización

Se lleva a cabo el proceso de liofilización de la cáscara de naranja a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y presiones de 100 mbar, con una muestra de 1000 g siendo la capacidad máxima del liofilizador disponible en los laboratorios de la sede Alvernia.

Se obtuvieron las siguientes características sensoriales y se contrastó con la cáscara de naranja sin el pretratamiento. El peso inicial de la cáscara de naranja antes de la liofilización fue de 1000 g, posterior al tratamiento se obtiene un peso de 350 g debido a la pérdida de humedad durante el proceso; la humedad inicial fue de 73% y una vez liofilizada la cáscara fue de 25,55%.

Tabla 11.

Características organolépticas cáscara de naranja liofilizada y no liofilizada.

Características organolépticas	Condiciones cáscara liofilizada	Condiciones cáscara no liofilizada
Sabor	Intenso a naranja, fresco y natural, sensación cítrica, leve amargor	Intenso a naranja, fresco y natural. sensación cítrica
Color	Naranja o verde atenuado, color uniforme	Naranja o verde brillante, color uniforme y atractivo.
Textura	Crujiente, agradable y fácil de masticar	Suave, agradable, esponjosa

2.2.6 Cuantificación de ácido ascórbico por HPLC.

Tabla 12.

Resultados de cromatografía líquida de muestras de ácido ascórbico.

Muestra	Área (m AU)	Concentración (mg/L)
Estándar de vitamina C Ácido L-ascórbico (Sigma Aldrich - Ref. 50-81-7)	49,0430	100
M1	0,0000	0,00
M2	7,8956	16,10
M3	7,1704	14,62
M4	7,6341	15,57
M5	7,4850	15,26
M6	6,9543	14,18
M7	7,4883	15,27
M8	0,0000	0,00
M9	7,9019	16,11
M10	3,9279	8,01
M11	2,7401	5,59
M12	3,2562	6,64
M13	3,0051	6,13
M14	3,4136	6,96
M15	3,0025	6,12
M16	2,6439	5,39
M17	2,9961	6,11
M18	2,6877	5,48
M19	129,5180	264,09

Se midió la concentración de ácido ascórbico de cada solución (19 muestras en total) en el equipo HPLC Thermo Scientific Ultimate 3000 RS, con un flujo de 0.60 mL/min, un volumen de inyección de 10 µL, y su detector de 254 nm. Se realizó la medición de la concentración de 18

soluciones, las cuales están compuestas por los solventes NADES (M1 – M18) y una solución por zumo de naranja puro (M19), se logra concluir que los resultados no fueron concluyentes, se evidencia bajas concentraciones e incluso de cero (M1 y M8), además el área mAU también demarca cero, por ello se atribuye dichos resultados a posibles fallas en el equipo y tiempo excesivo de refrigeración en condiciones no aptas para las muestras, al no obtener los datos esperados, se decide optar por cambiar de método de cuantificación de ácido ascórbico por absorbancia uv.

2.2.7 Curva de calibración del ácido ascórbico.

Para la cuantificación de ácido ascórbico se obtuvo la curva de calibración gracias a la solución del mismo ácido a diferentes concentraciones, arrojando a través de la absorbancia los 5 puntos que se visualizan en la tabla 13 con la relación directa de la concentración conocida, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 540 nm por medio de la linealización de los puntos, arrojó $Y=0,0433X - 0,3587$ como la ecuación que mejor define el comportamiento de los puntos, donde X corresponde a la concentración interpretada, y, Y a la absorbancia arrojada en la lectura del espectrofotómetro, la ecuación arroja un R^2 de 0,9978 mostrando una dispersión baja en los datos además de un grado elevado de correlación, que es aceptable para la investigación y da veracidad de lo interpretado en la misma, en cuanto a la cuantificación de ácido ascórbico en las muestras analizadas.

Tabla 13.

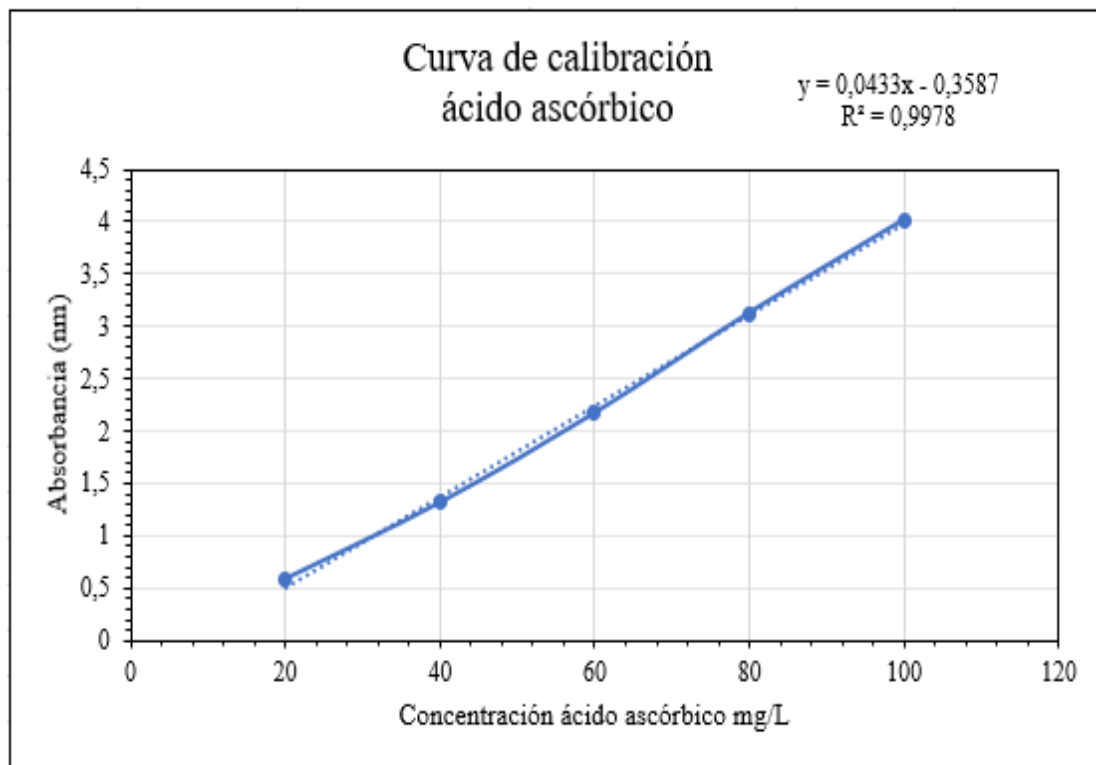
Absorbancia soluciones estándar de ácido ascórbico

Concentración ácido ascórbico mg/mL	Absorbancia
20	0,585
40	1,314
60	2,168
80	3,125
100	4,012

Se graficó la absorbancia en función de la concentración de ácido ascórbico para cada solución estándar.

Figura 4.

Curva de calibración ácido ascórbico.



La curva de calibración obtenida en este estudio es lineal y tiene un valor de R² de 0,9978, lo que indica una buena correlación entre la absorbancia y la concentración. La pendiente de la curva es de 0,0433 lo que significa que la absorbancia aumenta en 0,0433 unidades por cada mg/mL de ácido ascórbico.

Los resultados de este estudio están en concordancia con los resultados de otros estudios que han utilizado la curva de calibración del ácido ascórbico para determinar la concentración de ácido ascórbico en muestras biológicas. Por ejemplo, un estudio publicado en la revista "Analytical Chemistry" titulado "Análisis espectrofotométrico del contenido total de ácido ascórbico en varias frutas y verduras" encontró que la curva de calibración del ácido ascórbico

era lineal con una pendiente de 0,03981 y una intersección con el eje y de 0,3145 (Janicijevic, 2020), otro estudio publicado en la revista "ScienceDirect" titulado "Determinación espectrofotométrica de ácido ascórbico en alimentos mediante microextracción líquido-líquido asistida por vórtice" encontró que la curva de calibración del ácido ascórbico era lineal con una pendiente de 0,0415. (Bazel et al., 2018)

2.2.8 Cuantificación concentración de ácido ascórbico.

Inicialmente se midió la absorbancia de cada solución (36 muestras en total) a una longitud de onda de 540 nm utilizando el espectrofotómetro (resultados evidenciados en la tabla 14) y se utilizó la ecuación $X = y - (-0.3587) / 0,0433$ obtenida en la curva de calibración determinando así la cantidad de ácido ascórbico en el extracto en mg/mL como se evidencia en la Tabla 14.

Tabla 14.

Concentración de ácido ascórbico en mg/mL.

# Corrida	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Solvente NADES	[Ácido ascórbico] mg/mL	Desviación estándar
1	10	20	S1	71,132	71,132±0,015
2	10	22	S1	24,127	24,127±0,002
3	10	25	S1	31,794	31,794±0,000
4	20	20	S1	37,322	37,322±0,003
5	20	22	S1	41,032	41,032±0,002
6	20	25	S1	29,254	29,254±0,000
7	30	20	S1	53,057	53,057±0,005
8	30	22	S1	51,887	51,887±0,014
9	30	25	S1	97,645	97,645±0,017
10	10	20	S2	48,777	48,777±0,065
11	10	22	S2	50,763	50,763±0,005
12	10	25	S2	54,543	54,543±0,005

Obtención de cápsulas de vitamina C a partir de la cáscara de naranja

13	20	20	S2	72,788	72,788±0,007
14	20	22	S2	42,564	42,564±0,001
15	20	25	S2	61,217	61,217±0,002
16	30	20	S2	44,627	44,627±0,002
17	30	22	S2	68,784	68,784±0,009
18	30	25	S2	41,44	41,44±0,003
19	10	20	S1	64,073	64,073±0,013
20	10	22	S1	22,226	22,226±0,007
21	10	25	S1	32,726	32,726±0,049
22	20	20	S1	35,828	35,828±0,012
23	20	22	S1	41,086	41,086±0,001
24	20	25	S1	28,369	28,369±0,029
25	30	20	S1	52,356	52,356±0,013
26	30	22	S1	52,118	52,118±0,002
27	30	25	S1	91,848	91,848±0,075
28	10	20	S2	54,674	54,674±0,006
29	10	22	S2	48,900	48,900±0,041
30	10	25	S2	51,902	51,902±0,003
31	20	20	S2	68,677	68,677±0,002
32	20	22	S2	39,477	39,477±0,001
33	20	25	S2	76,013	76,013±0,005
34	30	20	S2	51,209	51,209±0,041
35	30	22	S2	64,958	64,958±0,002
36	30	25	S2	39,362	39,362±0,034

Los datos obtenidos evidencian que la técnica de espectroscopia UV-Vis con curva de calibración es un método preciso y confiable para la cuantificación de ácido ascórbico en la muestras analizadas, puesto que los resultados obtenidos concuerdan con los valores reportados en la literatura para matrices similares, por ejemplo en el artículo “Propiedades antioxidantes y compuestos fenólicos de jugos ricos en vitamina” se menciona que la concentración de ácido ascórbico de la naranja y mandarina en cápsulas líquidas varía según la marca y el producto

específico, pero en general, las cápsulas líquidas de ácido ascórbico se deben encontrar en concentraciones que estén desde 10 mg/ml hasta 100 mg/ml o más (Nowak et al., 2018); los resultados obtenidos en laboratorio se encuentran en el rango establecido en un intervalo de 22,226 mg/mL y 97,645 mg/mL

En el trabajo titulado “Estudio comparativo de la cuantificación del ácido ascórbico (vitamina c) en tabletas y alimentos según técnica propia en la ciudad de Huancayo” mencionan la concentración de ácido ascórbico de algunos suplementos vitamínicos de carácter comercial, estos son:

- Nature's Bounty Vitamin C Liquid: 10 mg/ml
- NOW Foods Liquid Vitamin C: 250 mg/ml
- MaryRuth Organics Liquid Vitamin C: 1000 mg/ml

(Rojas, 2022) Como se puede evidenciar la concentración de ácido ascórbico presente en estos productos comerciales está en el rango de 10 mg/mL – 1000 mg/mL lo que indica que las cápsulas que se pretenden diseñar estarían en el intervalo correspondiente y podrían competir en el mercado.

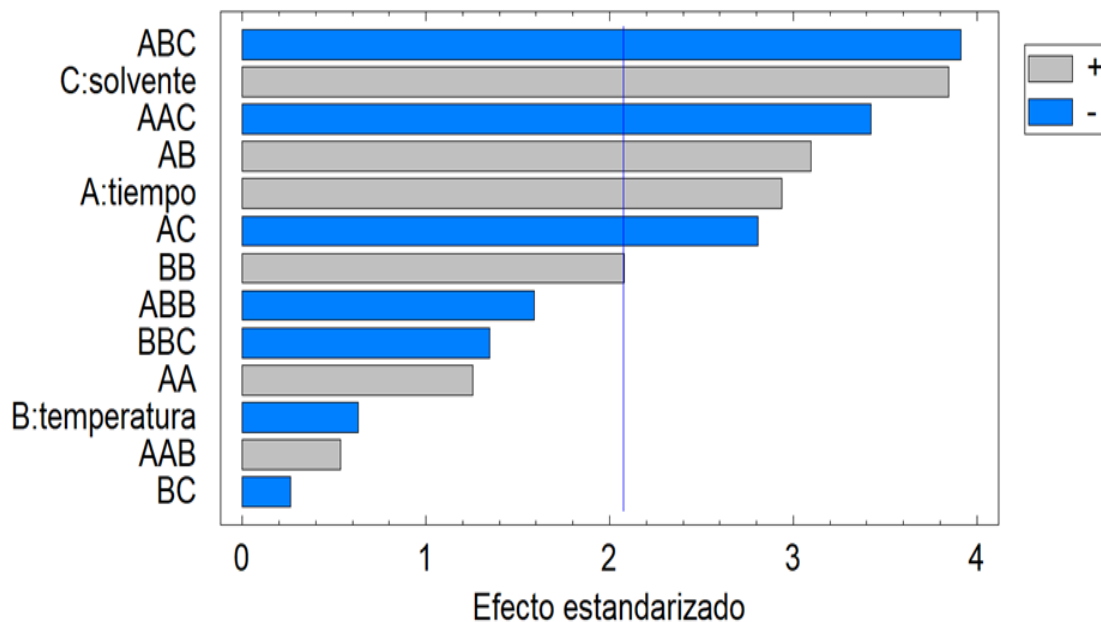
2.2.9 *Diseño experimental 1: Concentración de ácido ascórbico.*

En la Figura 5, se muestra el diagrama de Pareto tras obtener los resultados del análisis Anova del diseño de experimento de la presente investigación, del cual se logra determinar que los parámetros con mayor significancia (valor de $p < 0,05$) son; tiempo (valor de $p < 0,0076$) y solvente (valor de $p < 0,0009$), permitiendo establecer que estos son los factores más significativos dentro del experimento, lo que coincide con los resultados obtenidos de (Cárdenas, 2018) donde se afirma un efecto significativo menor a $p < 0,05$ entre el uso de solvente (agua y etanol) y el tiempo de extracción utilizado para la obtención de componentes bioactivos en la cáscara de naranja logrando una significancia de 0,0001 para cada parámetro. Sin embargo, al momento de observar las interacciones entre parámetros se observa que la interacción más significativa es temperatura-solvente-tiempo con un valor de p de 0,0007 esto permite afirmar

que los 3 parámetros evaluados en el experimentos contribuyen positivamente en la extracción de ácido ascórbico, junto con la interacción de tiempo-solvente (valor de $p < 0,0102$) y tiempo-temperatura (valor de $p < 0,0053$) esto coincide con los hallazgos de (Merchán, 2020), donde se analizó el efecto de las variables temperatura-solvente-tiempo en naranja y obtuvo una significancia de 0,0001. Este primer paradigma sugiere derogar la hipótesis nula planteada en la metodología de este el proyecto al garantizar que los principales parámetros de estudio son influyentes en la extracción de Vitamina C, puesto que estos superan el umbral de significancia del experimento (resaltado en con una línea vertical en la figura).

Figura 5.

Diagrama de Pareto



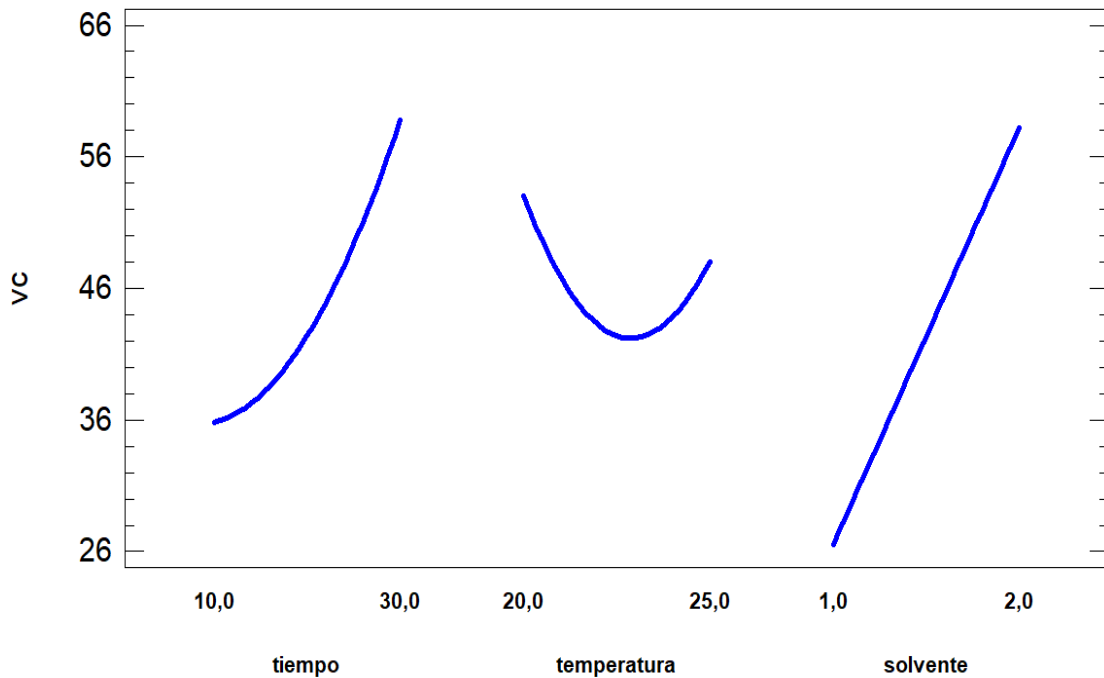
Bajo el anterior contexto, es importante rescatar, que el grafico pone en evidencia la proporcionalidad de las variables frente a la extracción de Vitamina C (VC), por lo tanto, las interacciones inversamente proporcionales son resaltadas en color azul con el símbolo (-) y aquellas que son directamente proporcionales son resaltadas en color gris con el símbolo de (+) esta afirmación es respaldada por los hallazgos de (Vázquez, 2018) donde se logra establecer la

proporcionalidad de las variables frente a los valores de respuesta en el diagrama de Pareto, La interacción entre tiempo y solvente. Y aquellas que son directamente proporcionales son la interacción entre tiempo y temperatura, junto con los parámetros aislados de tiempo y solvente.

En la Figura 6, se logra observar la gráfica de los efectos principales al momento de obtener vitamina C (VC). Donde se pone en evidencia la proporcionalidad de los parámetros utilizados en la presente investigación (Vázquez, 2018). Por lo cual se expone que el tiempo tiene un ajuste directamente proporcional en la extracción de Vitamina C (VC), permitiendo determinar que el umbral donde se logró mayor extracción se le atribuye al punto máximo de tiempo que corresponde a 30 min, así mismo se establece la relación del solvente con la extracción de vitamina C (VC), donde se observa que en el segundo solvente se obtuvo una mayor extracción del producto de interés (Juárez, 2020).

Figura 6.

Efectos principales al momento de obtener vitamina C (VC).



Sin embargo, al observar el comportamiento de la temperatura se logra observar que esta no tiene un efecto positivo frente a la extracción de vitamina C (VC), esto se pone en evidencia ya que al aumentar el valor de la temperatura la extracción de vitamina C tiende a reducirse, esta proporcionalidad es caracterizada en la investigación de Montenegro et, al, (2020) donde este comportamiento se le atribuye a la degradación que genera la temperatura en la vitamina C debido a la sensible naturaleza de los componentes bioactivos,

Por otro lado, en la Figura 7, se logra determinar las interacciones entre los parámetros de la investigación, y la significancia que estos representan al momento de extraer Vitamina C (VC). Para el análisis de esta grafico es necesario considerar la intercepción entre los parámetros y los segmentos donde se generan estos interceptos (Romero, et al., 2017). En primera instancia se logra observar que las interacciones; Temperatura-Tiempo, Tiempo-Solvente y Solvente-Temperatura presentan no linealidad entre sus observaciones

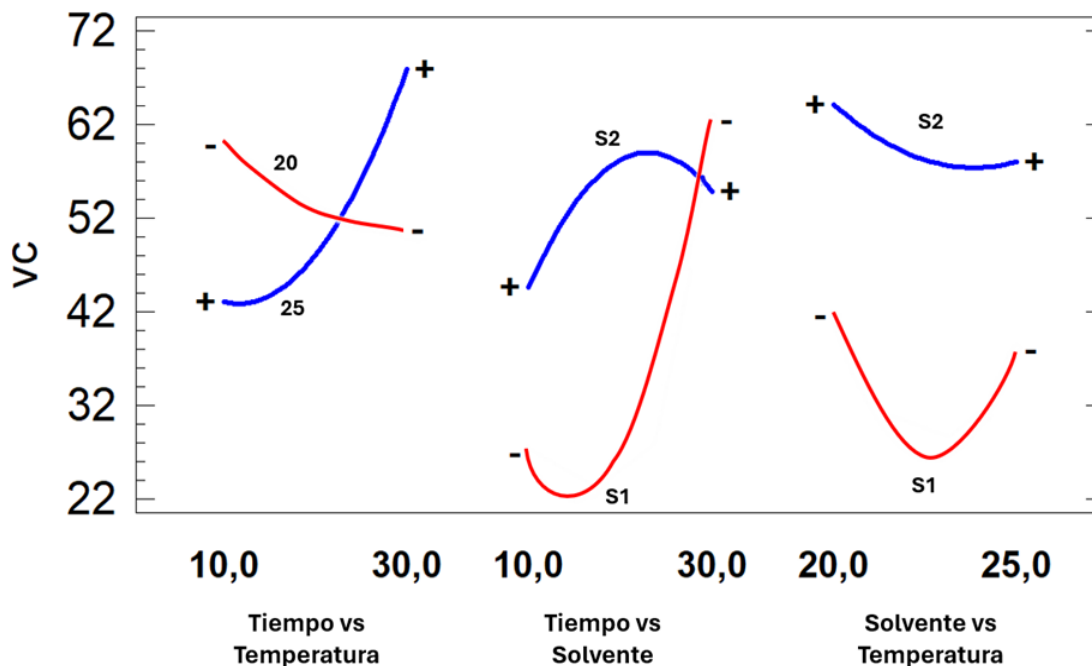
Seguidamente se logra observar que la interacción, entre Temperatura-Tiempo, tiene una intercepción directa, específicamente en el punto central de ambas observaciones, esto permite establecer que ambos parámetros son significativos al momento de extraer Vitamina C (VC) (Montenegro y Vigo, 2020). Esta interacción es reportada en la investigación de (Avalo, et, al., 2009) donde se establece que la temperatura y el tiempo como factores principales en la extracción de vitamina C obteniendo mayores concentraciones de compuesto bioactivo en valores menores al punto máximo de temperatura establecido en 102 °C en el experimento reportado por la literatura.

Así mismo se logra evidenciar que la interacción entre Tiempo-Solvente, presenta una intercepción en las colas de las observaciones (el segmento máximo de tiempo 30 min) y representa una leve significancia de $p < 0,0102$, sin embargo, este valor está dentro de los límites de la significancia de la investigación (valor de $p < 0,05$) en la extracción de vitamina C (VC). La anterior interacción es explicada por la investigación de (Bueso, 1999) y (Álzate, 2016) donde evalúan el efecto de distintos solventes para extraer compuestos bioactivos en la naranja, este fenómeno se atribuye a la prolongada exposición de los compuestos al solvente (generando mayor solubilidad por exposición), lo que facilita su penetración en las matrices de los

compuestos vegetales, favoreciendo así una extracción más completa, es por tal motivo que en nuestra investigación la interacción de estos compuesto se evidencia en el segmento máximo de tiempo (30 min).

Figura 7.

Interacciones



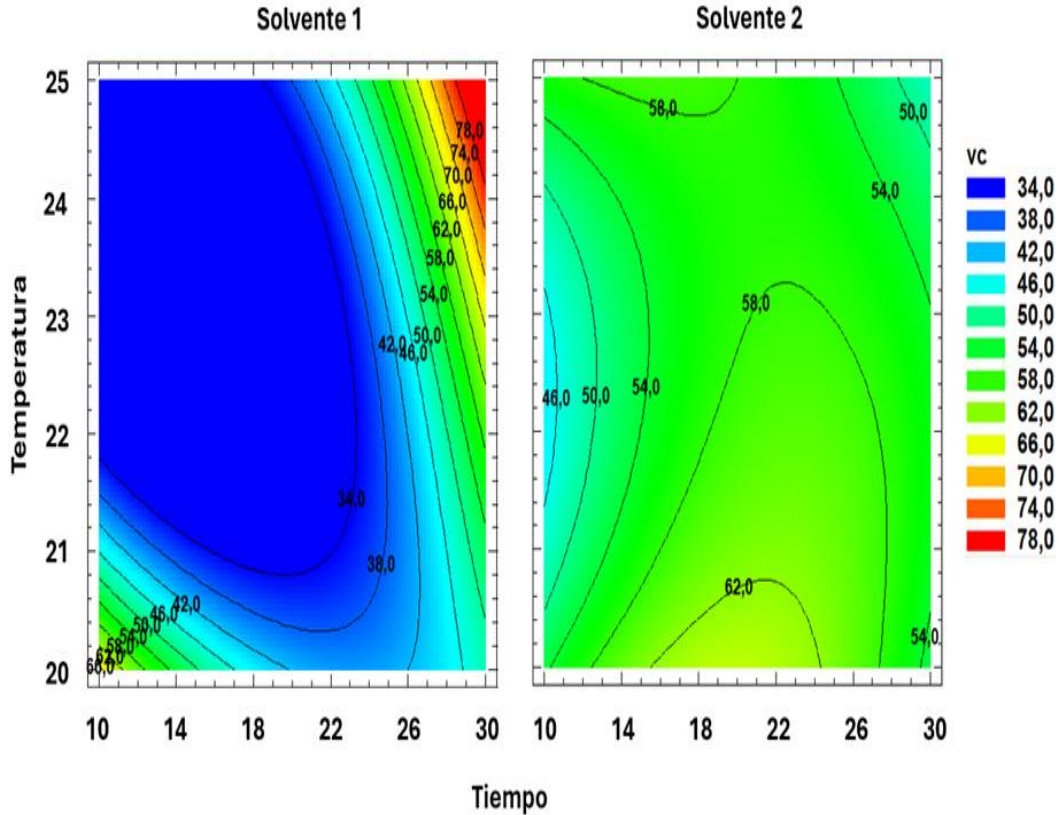
Por último, se logra observar que no existe una interacción directa entre solvente y temperatura, puesto que en la sección C (solvente vs temperatura) se evidencia que las paralelas no se interceptan en ningún rango observado, al mismo tiempo esta evidencia logra exponer que esta interacción no tiene una significancia (valor de $p < 0,79$) al momento de extraer Vitamina C (VC) esta baja interacción se le atribuye a que los intervalos de temperatura no superan los 5 unidades de $^{\circ}\text{C}$ y a la solubilidad de los solventes utilizados. La carencia de interacción y la baja significancia de estos parámetros coincide con los hallazgos de (Ortiz, et, al, 2023) donde se determina que este comportamiento está asociado a que la temperatura tiene un efecto directo con la cinética de extracción y la solubilidad del solvente, al no generar un equilibrio o presentar intervalos mínimos de temperatura, la interacción es nula, pese a que la temperatura es influyente en la extracción de componentes bioactivos.

En la Figura 8, se logra observar el gráfico de superficie donde se genera una perspectiva comparativa entre la distribución de los datos observados frente a cada uno de los solventes empleados (S1 y S2), para esta sección se busca establecer el punto óptimo donde se logró extraer mayor contenido de Vitamina C (VC), para lo cual se logra observar la distribución de la cantidad de vitamina c obtenida correspondiente a un color en específico siendo 34 g el mínimo representado con color azul y 78 g el valor máximo de extracción representado con color rojo.

En consecuencia, se logra observar en la sección A) que el solvente 1 presenta una distribución óptima en el punto donde la temperatura y el tiempo alcanzan su intervalo máximo el cual corresponde a 25 °C y 30 min, esto permite afirmar que específicamente a estas condiciones se logra obtener una cantidad de Vitamina C (VC) de 78 g generando un comportamiento exponencial en sus líneas de isorespuesta (Montenegro, et al, 2020). Lo anterior coincide con los hallazgos de (Colantuno, et, al., 2015) donde se obtiene que las condiciones ideales para la extracción de vitamina C sean el valor mínimo de la temperatura y el valor máximo del tiempo específicamente a 25 °C y 150 minutos.

Por el contrario, en la sección B) correspondiente al solvente 2, se logra observar una disminución en la extracción de vitamina C y una carente evidencia homogénea en las líneas de isorespuesta, además las condiciones donde se establece el punto óptimo de extracción corresponden a 20 °C y 20 min logrando obtener 62 g de Vitamina C (VC).

Figura 8.
Superficie.



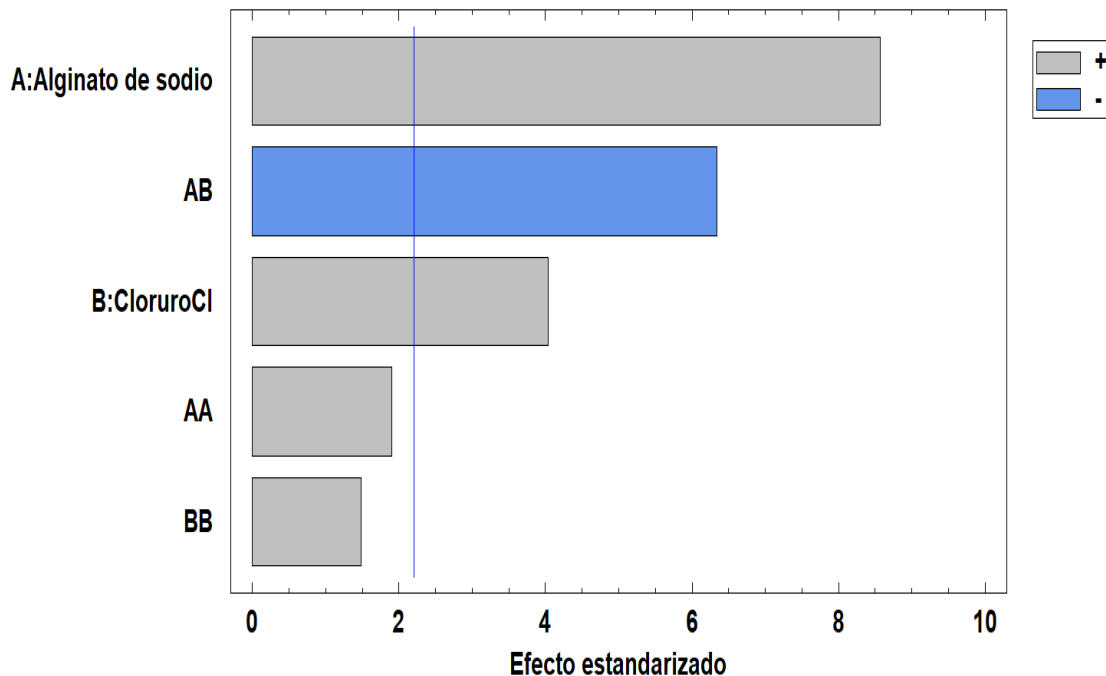
Bajo el anterior escenario se logró determinar que los parámetros de tiempo-temperatura y solvente son significativos en la extracción de vitamina C ya que para el análisis de varianza (ANOVA) se obtuvo un valor de p de 0,0007 permitiendo establecer que hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, por otro lado se determinó que el tiempo y el solvente son parámetros directamente proporcionales en la extracción de Vitamina C en cáscara de naranja mientras que la temperatura presenta un comportamiento inversamente proporcional a la extracción de compuestos bioactivos, comportamiento ligado al efecto de la degradación de vitamina bajo efectos de la temperatura (Soncco, y Rodríguez, 2022). Finalmente, se establece que el solvente 1 obtuvo mayor efectividad al momento de extraer vitamina C y sus condiciones ideales corresponden a una temperatura de 25 °C y 30 minutos.

2.2.10 Diseño experimental 2: Determinación de proporciones para esferificación.

En la figura 9, se logra observar el diagrama de Pareto, que representa la significancia (valor de $p < 0,05$) de los compuestos encapsulantes frente a la concentración de vitamina C, donde se establece que el parámetro con mayor significancia en el experimento es el alginato de sodio ($C_6H_7NaO_6$) con un valor de p de 0,00001, seguidamente se encuentra el cloruro (Cl) con una significancia de 0,0020 y finalmente la interacción de ambos el cual representa una significancia de 0,000, los factores en el presente experimentos tienen una participación positiva en la concentración de vitamina C, sin embargo, la interacción entre ambos es inversamente proporcional, esto se debe a que el alginato actúa como material de recubrimiento y el cloruro se emplea para dar forma geométrica a la encapsulación (Molina, 2021). Por lo tanto la significancia de esta investigación coincide con los resultados en la investigación de (Thangaraj, et al, 2015) donde se aísla vitamina C a diferentes concentraciones de alginato de sodio y cloruro, determinando un valor de significancia p de 0,00001 respaldando la influencia de los compuestos en la concentración de vitamina C.

Figura 9.

Pareto

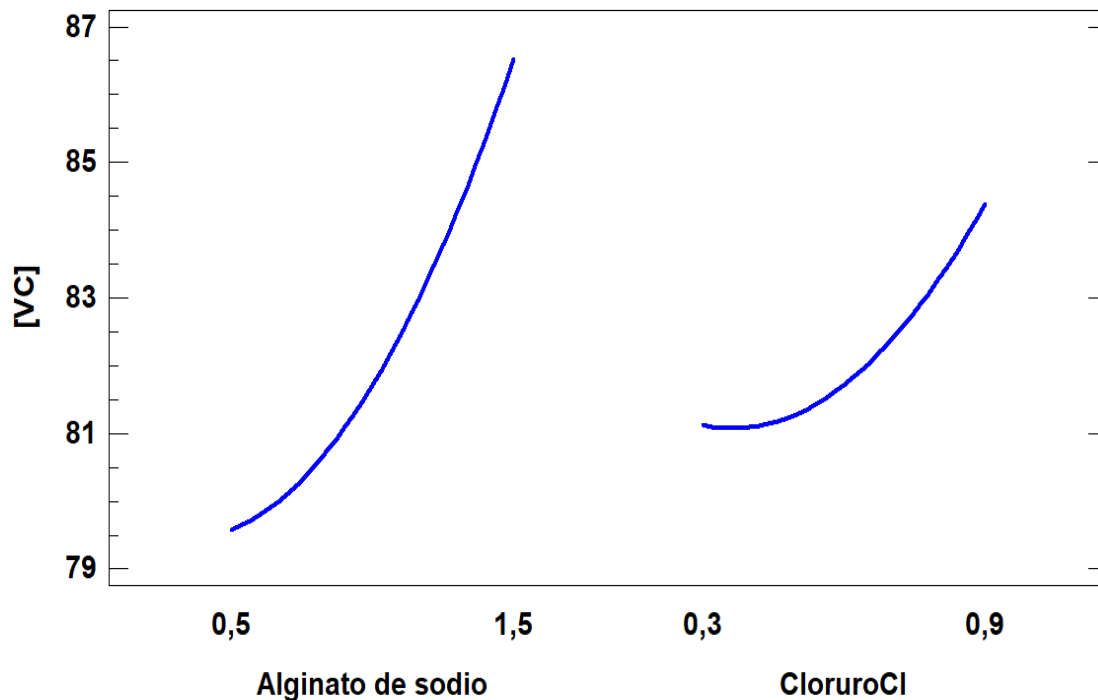


Por otro lado, en la figura 10, se logra establecer la interacción que tienen los parámetros frente a la extracción de vitamina C, para los parámetros de alginato y cloruro se logra establecer que ambos son directamente proporcionales (+), mientras que la interacción entre ambos sugiere una proporcionalidad inversa (-) en la concentración de las capsulas de vitamina C (Ramasamy, et, al, 2021) en a la investigación de (Łętocha, et, al, 2022) este comportamiento se le atribuye a la homogeneidad de la concentración de cada compuesto, principalmente si la concentración de Cl no es proporcional a la $C_6H_7NaO_6$ es necesario una distancia mayor de goteo para que el alginato logre penetrar en la solución. Por el contrario, si la concentración de alginato es baja las capsulas presentan una película de menor grosor esto coincide con la investigación de (Espinoza et, al, 2022) donde se obtuvo esferas con una superficie líquida a bajas concentraciones de alginato.

En la figura 10 se evidencian los efectos principales en el análisis de varianza (ANOVA) para la extracción de vitamina C, para ambos efectos se logra observar que existe una proporcionalidad exponencial en la extracción de vitamina C, es decir tanto como alginato de sodio y cloruro a mayores concentraciones obtienen una mayor cantidad de vitamina C, por lo tanto, se asume que ambos parámetros son directamente proporcionales. Esta relación la establece (Huertas, 2010), donde se refiere a que dentro de los procesos de encapsulación de compuestos bioactivos el alginato y el cloruro han sido ampliamente utilizados para la obtención de microcápsulas debido a la facilidad de gelificación y la interacción proporcional que tienen ambos compuestos.

Figura 10.

Principales parámetros

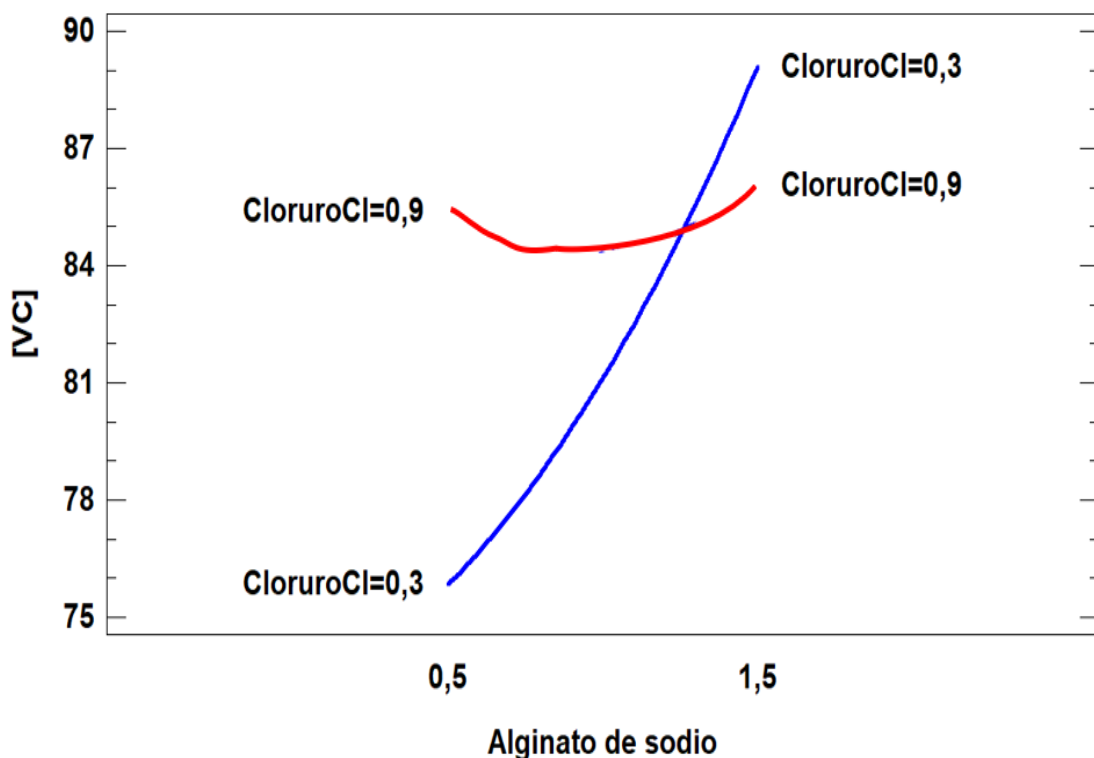


Por otro lado, en la figura 11 se observa la interacción mencionada anteriormente, donde se evidencia que el punto óptimo de extracción de vitamina C se obtiene a través de la intercepción en los puntos finales de las observaciones con una interacción directa (+). Esto pone en evidencia que en los niveles a mayor concentración de alginato (1,5 g) y una baja concentración de cloruro (0,3), se logra la mayor obtención de vitamina C. Sin embargo, al aumentar la concentración de cloruro, la obtención de vitamina C no presenta cambios evidentes, ya que en los intervalos de alginato de 0,5 y 1,5, la concentración de vitamina C no varía significativamente. Este comportamiento coincide con los hallazgos de Orellana, C. (2026), quien establece que, para el aislamiento de compuestos bioactivos, es necesario que la concentración de los compuestos emulsionantes ($C_6H_7NaO_6$ y Cl) sea proporcional para lograr una estructura fija y que la gelificación que asume el alginato de sodio forme una matriz homogénea y abarque la mayor cantidad de compuestos bioactivos disueltos en la solución.

Evaluando la concentración de ácido ascórbico, se puede percibir que existe una degradación de este componente al estar en contacto con el cloruro de calcio, se produce a través de un proceso llamado reacción de oxidación-reducción. En esta reacción, el cloruro de calcio actúa como un agente oxidante, lo que significa que acepta electrones del ácido ascórbico, por lo tanto, este se reduce, lo que significa que pierde electrones (Casanova, 2020).

Figura 11.

Interacciones

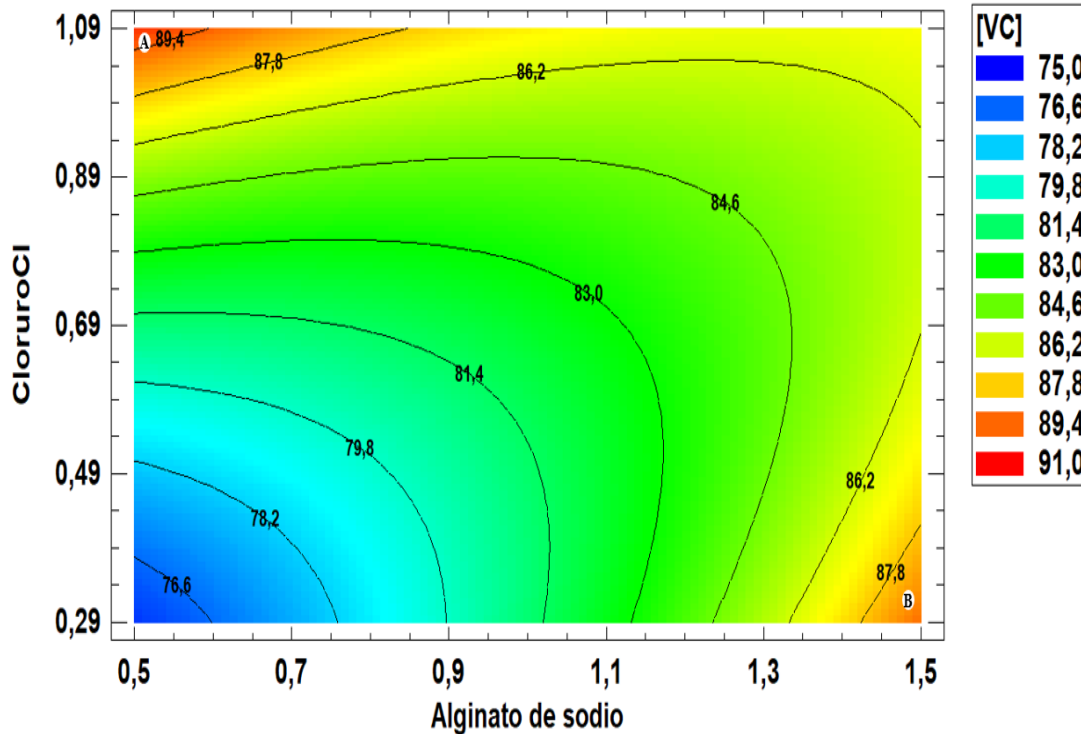


Finalmente, en la figura 12 donde se observa la superficie de respuesta, se pone en evidencia el efecto de la proporcionalidad mencionado en el diagrama de Pareto. Por lo tanto, se logra que la productividad de Vitamina C aumento al momento de emplear la concentración de máxima de alginato (1,5 g) y mantenido una concentración mínima de alginato (0,29 g) en el experimento. Por el contrario, se logra observar que se obtiene una mayor concentración de vitamina C al momento de emplear mayor concentración de cloruro y una mínima concentración de alginato para el experimento 1,09 g (Cl) y 0,5 (C₆H₇NaO₆) respectivamente se obtiene don puntos

máximos (A, B) que unen a la función y que representan las condiciones ideales para lograr la mayor cantidad de Vitamina C (Reyes, et al., 2014). (Soteyome, y Thedkwanchai, 2024)

Figura 12.

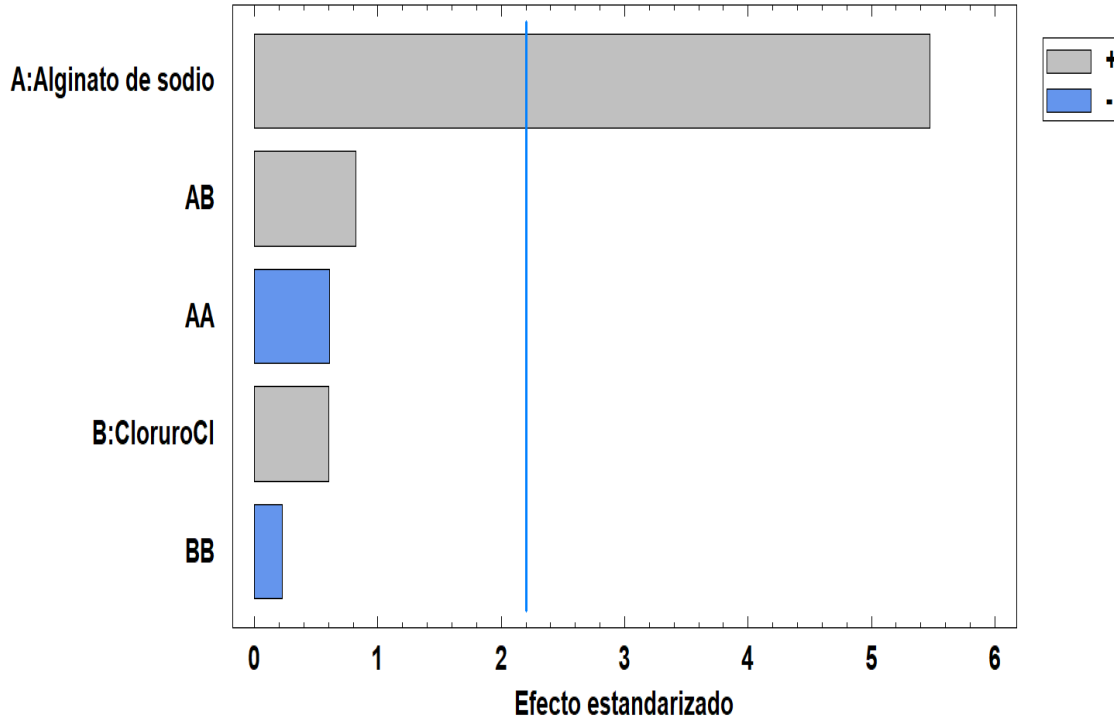
Superficie de respuesta.



En la Figura 13 se observa el diagrama de Pareto del análisis de varianza (ANOVA) del cual se busca determinar la significancia (valor de $p < 0,05$) de los compuestos encapsulantes ($C_6H_7NaO_6$ y Cl) ligada a la resistencia de la película de encapsulación para vitamina C. Donde se logra observar que el parámetro más influyente es $C_6H_7NaO_6$ (valor de $p < 0,0076$) lo que permite determinar que el alginato de sodio es determinante en la resistencia de la película de encapsulación. Además se logra observar que este es directamente proporcional (+) con la resistencia obtenida (Catromonte, et al., 2020), lo coincide con los resultados obtenidos en la investigación de (Liao et al., 2022), donde se evalúa a través de un análisis de varianza (ANOVA) la influencia de la concentración de alginato en la encapsulación de Vitamina determinando un efecto significativo en la concentración de alginato con un valor de p de 0,0001.

Figura 13.

Pareto resistencia cápsulas vitamínicas



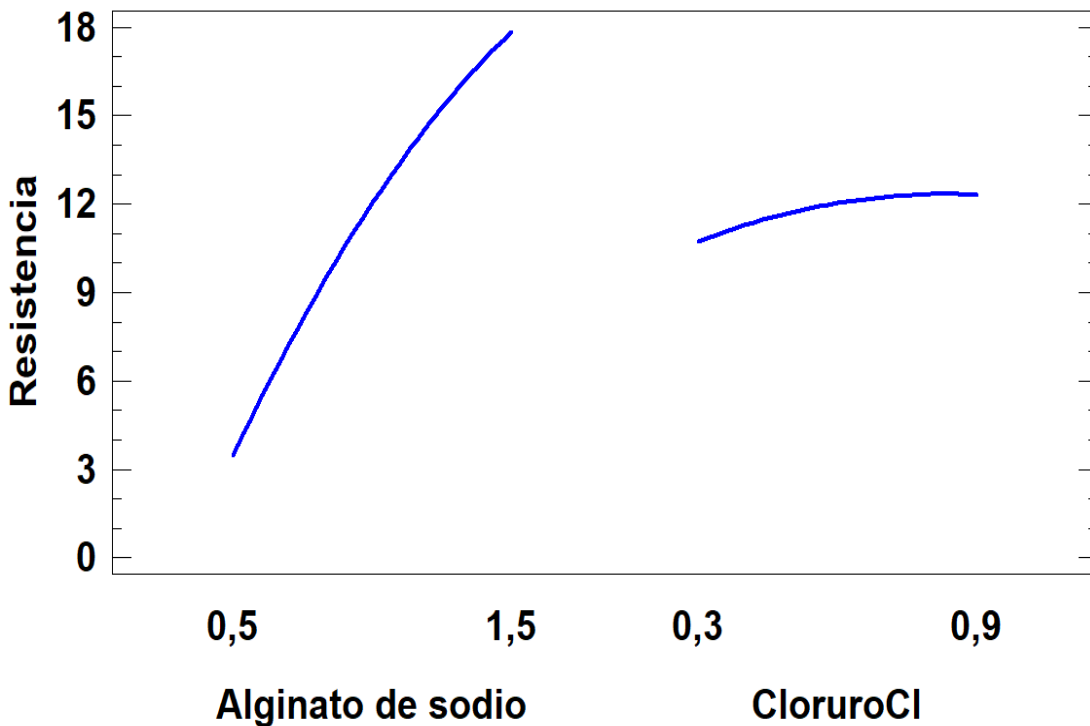
Seguidamente en la Figura 14 se logra observar el esquema de los efectos principales frente a la resistencia de la película de encapsulación, donde se observa que la concentración de $C_6H_7NaO_6$ (alginato de sodio) presenta un comportamiento directamente proporcional con resistencia de encapsulación, Estableciendo que el umbral óptimo donde se logra mayor resistencia es a mayor concentración de alginato de sodio (1,5 g). La proporcionalidad mencionada es respaldada por la investigación de (Malagon, et, al. 2018) donde se logra aislar compuestos bioactivos con alginato de sodio obteniendo una significancia de 0,0096 y la relación del incremento de la resistencia de la película con la concentración de alginato de sodio.

Sin embargo al momento de analizar el comportamiento de cloruro en la figura 16 se logra observar que este no es proporcional al valor de la resistencia de la película de encapsulación ni representa un valor significativo en el experimento (valor de p 0,561). Este escenario es mencionado en la investigación de (Molina, 2021) donde se asume que este comportamiento se

debe a que el cloruro en el proceso de encapsulación actúa como un agente estructurante (superficie para generar formas geométricas homogéneas). Por lo tanto la resistencia de la encapsulación del material de recubrimiento (Alginato de sodio).

Figura 14.

Principales parámetros para la resistencia de cápsulas vitamínicas

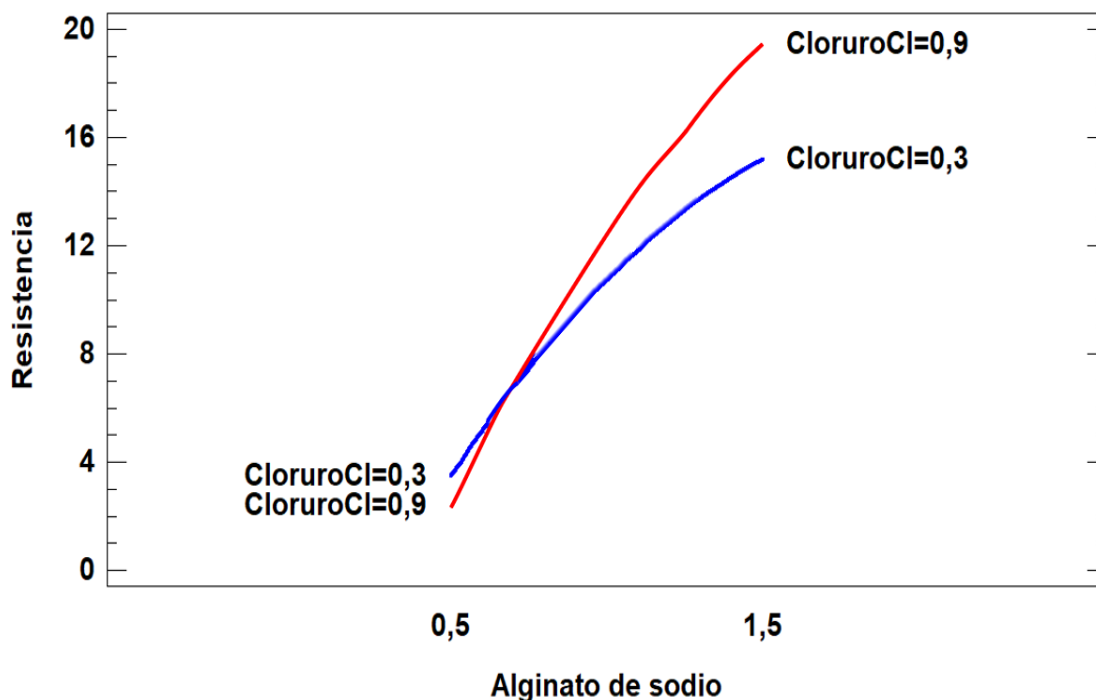


En la figura 15 se logra observar la interacción entre $C_6H_7NaO_6$ y Cl, frente a la resistencia de la capsula, donde se logra observar una intercepción en los puntos iniciales de las observaciones, además de la proporcionalidad (+) con la resistencia obtenida. Los hallazgos de (Romero, et, al., 2021) le atribuyen la interacción de la figura n al proceso de gelificación el cual consiste en dos subprocesos específicos. Producir pequeñas gotas del material de recubrimiento ($C_6H_7NaO_6$) frente a una solución (Cl) y el compuesto que se desea encapsular. Este hallazgo concluye que la interacción será evidente al primer contacto de los compuestos y se presentará en cada intervalo que se haya establecido, lo anterior argumenta la interacción de los componentes en la presente investigación, sin embargo, frente a la limitación del software utilizado (StatsGraphics V19) se

presenta con un solo segmento específico.

Figura 15.

Interacciones



Finalmente, se logra observar en la Figura 16 en la gráfica de superficie que el punto óptimo donde se logra una mayor resistencia en la película es en su intervalo máximo de $C_6H_7NaO_6$ y Cl que corresponde a 1,5 g $C_6H_7NaO_6$ y 1,09 g Cl, esto permite afirmar que específicamente a estas condiciones se logra obtener resistencia de 18 u generando un comportamiento con tendencia exponencial en sus líneas de isorespuesta (Montenegro, et al., 2020). Por la proporcionalidad mencionada anteriormente (Molina, A, 2021) Lo anterior es respaldado por la investigación de (Castañon-et, al., 2020), donde se empleo alginato para el aislamiento de compuestos bioactivos, determinando la relacion proporcional entre la concentracion de alginato y la densidad de la capsulas (resistencia), estableciaendo que a mayor concentracion de alginato se logra una mayor resistencia en las capsulas (Muchittui, et al., 2019)

Figura 16.

Superficie de respuesta

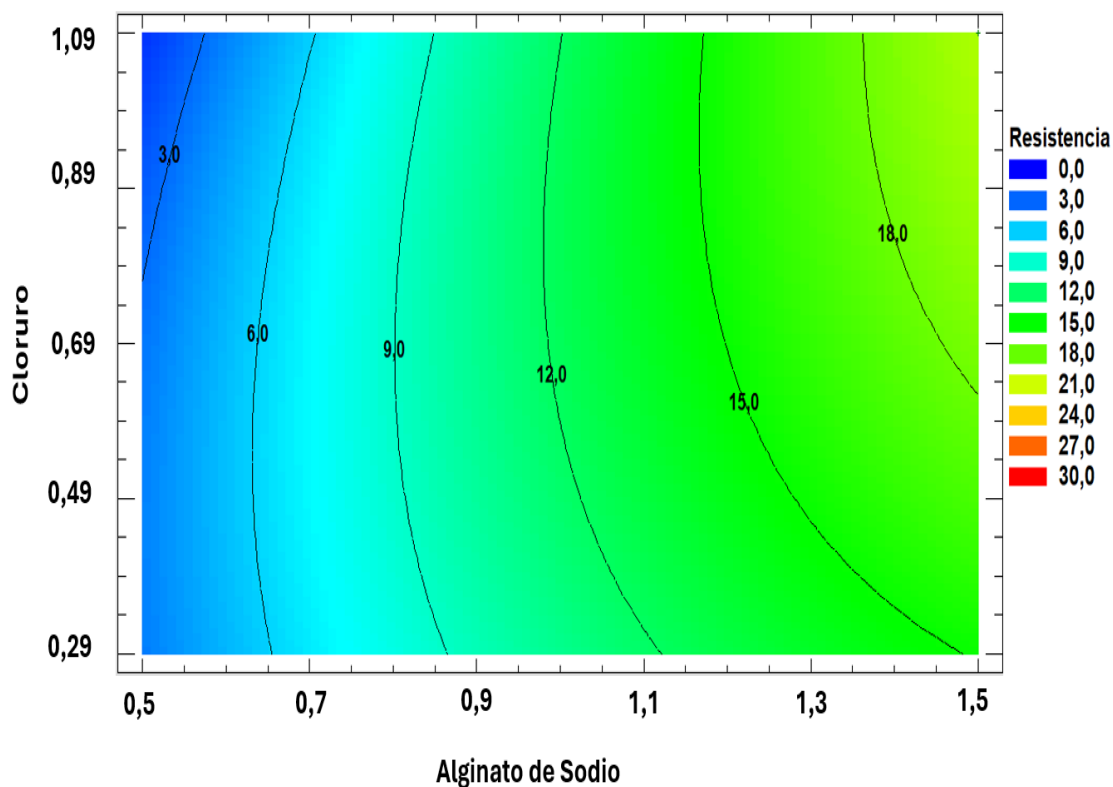


Tabla 15.

Valor óptimo de la resistencia

Factor	Alto	Óptimo
Alginate	1,5	1,5
Cloruro cl	0,9	0,9

Por lo cual se tienen que los factores óptimos de alginate y cloruro son los valores más altos siendo 1,5 y 0,9 respectivamente.

Se realizó el montaje que se presenta en la figura 17, con el fin de evaluar la resistencia en las capsulas de ácido ascórbico teniendo en cuenta la siguiente formula:

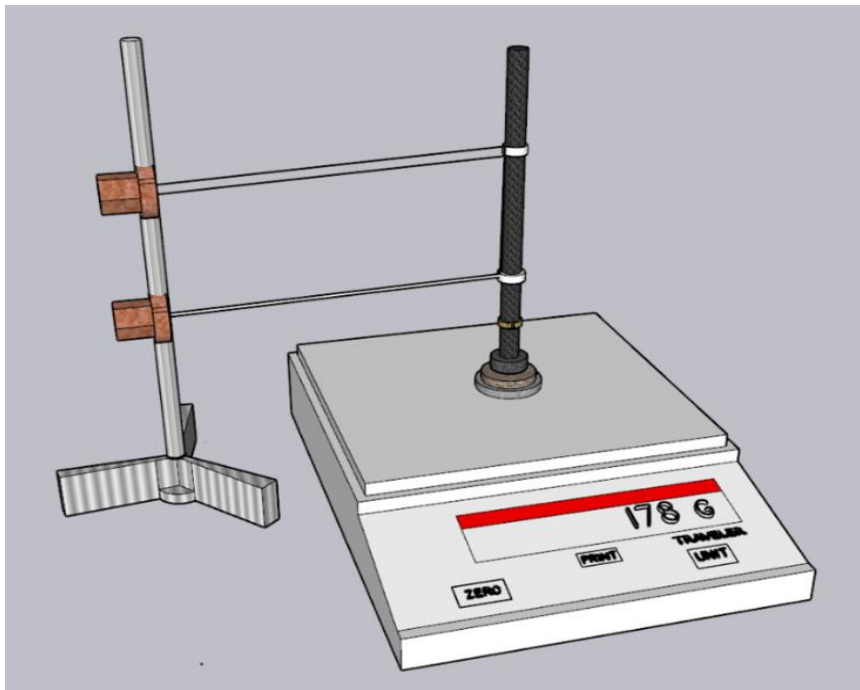
$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Donde

- σ es el esfuerzo de tracción o compresión (MPa o N/mm²)
- F es la fuerza aplicada (N)
- A es el área de la sección transversal del material (mm²)

Figura 17.

Montaje evaluación de resistencia en cápsulas de ácido ascórbico



2.2.11 Análisis sensorial

Las pruebas sensoriales son una herramienta valiosa ya que permiten desarrollar productos de alta calidad que satisfagan las necesidades y deseos de los consumidores, con ello se busca evaluar la aceptabilidad del producto teniendo en cuenta si el producto es agradable para los consumidores en términos de sabor, aroma, textura, apariencia y otras características sensoriales con el fin de identificar aquellos aspectos que necesitan ser mejorados antes del lanzamiento del producto al

mercado. Además, se busca optimizar la formulación y generar información para el diseño de empaques.

Según los resultados de las pruebas de perfil sensorial realizadas en Laboratorio análisis sensorial de alimentos SENA (Sede Popayán), se evaluaron los perfiles de sabor, textura y olor de las cápsulas con mayor resistencia y una concentración de 87,64 mg/mL de ácido ascórbico, valor que cumple con el consumo diario de una persona ya que se encuentra en el rango de 62 a 90 mg/día. Se tuvo en cuenta criterios de valoración para las muestras de cápsulas de ácido ascórbico, las siguientes puntuaciones.

Tabla 16.

Puntuaciones

Escala	Puntuación
Ausencia	0
Casi imprescindible	1
Ligera	2
Media	3
Alta	4
Extrema	5

Para el perfil de sabor, se tuvo en consideración el sabor predominante en las muestras, teniendo en cuenta patrones como los que se nombran a continuación: Sensación inicial, sensación boca y sensación residual. Estos resultados se pueden apreciar a continuación.

Tabla 17.

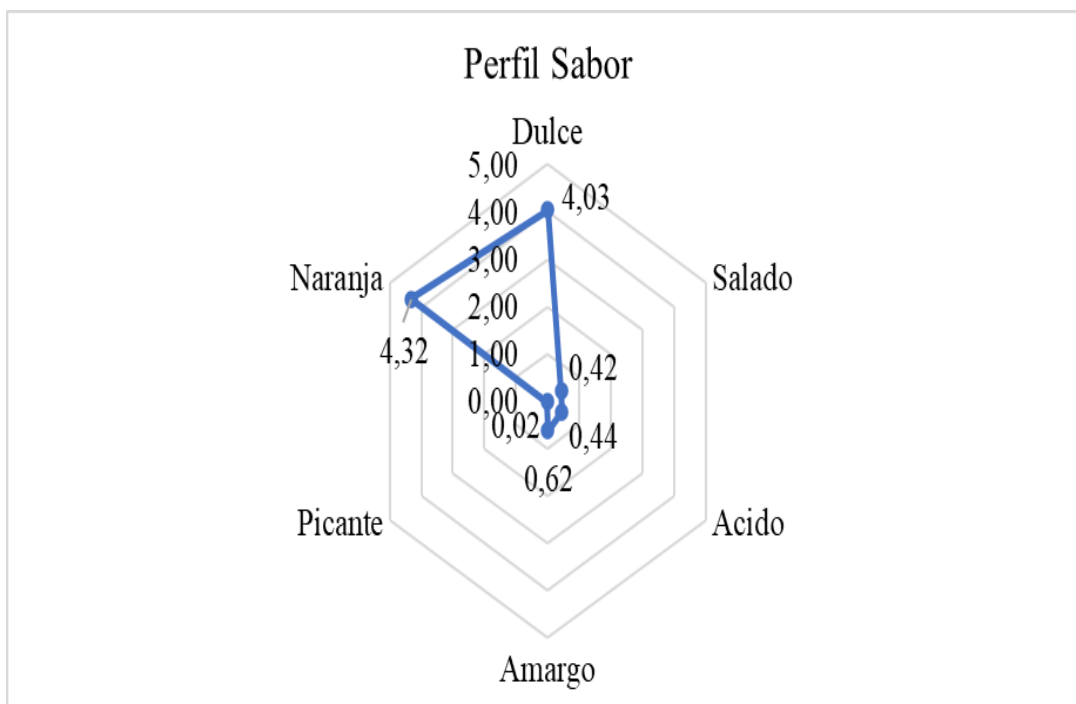
Perfil de sabor

Sabor	Total de Muestras
Dulce	4,03
Salado	0,42
Ácido	0,44
Amargo	0,62
Picante	0,02
Naranja	4,32

Se presenta la gráfica del perfil sensorial de sabor de las muestras de cápsulas de ácido ascórbico.

Figura 18.

Perfil sensorial de sabor



El sabor predominante en la evaluación de perfil de sabor fue “Naranja” con una intensidad de 4,32. Esto significa que el producto tiene un sabor a naranja moderado. Seguido de “Dulce” con una intensidad de 4,03. Esto significa que el producto es moderadamente dulce. En cuanto a los sabores salados, ácido, amargo y picante están con valores por debajo de 1 lo que significa que hay ausencia o es casi imprescindible su percepción de estos sabores.

En cuanto al perfil de olor se evaluaron 5 olores donde se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 18.

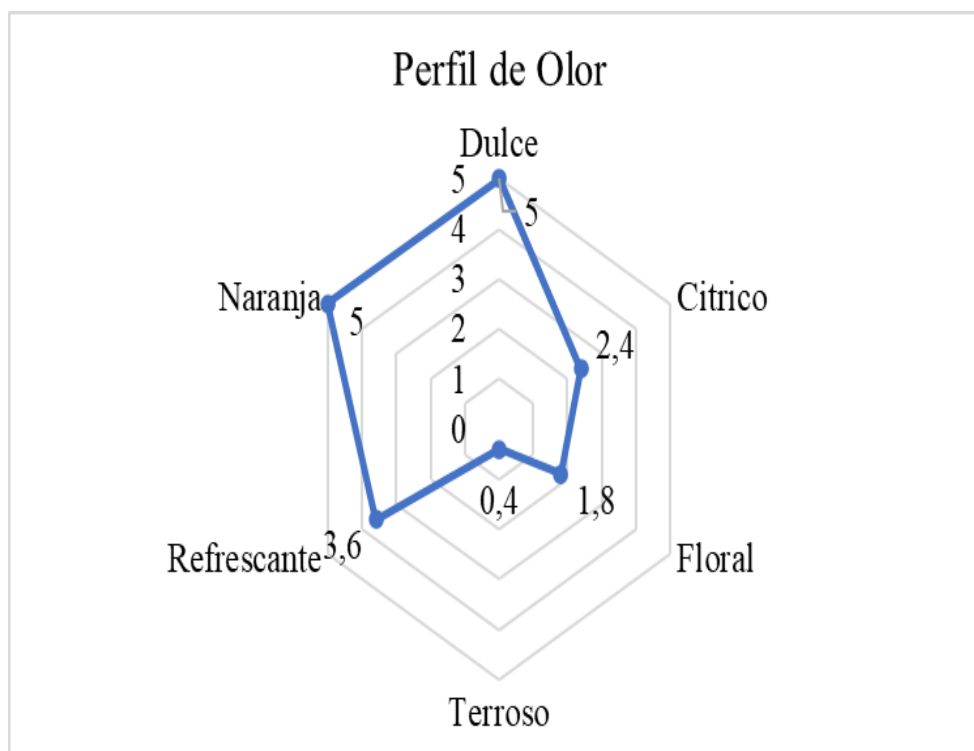
Perfil de olor

Olor	Total de Muestras
Dulce	5
Cítrico	2,4
Floral	1,8
Terroso	0,4
Refrescante	3,6
Naranja	5

A continuación, se presenta la gráfica del perfil sensorial de olor en las muestras de cápsulas de ácido ascórbico.

Figura 19.

Perfil sensorial de olor.



Los olores más influyentes en las cápsulas de ácido ascórbico fueron “Dulce” y “Naranja” con una intensidad de 5, seguidamente el “Refrescante” tiene una intensidad de 3,6 siendo un olor moderado. Respecto al olor cítrico con una intensidad de 2,4 se clasifica como ligero, para los olores floral y terroso siendo 1,8 y 0,4 respectivamente son casi imprescindibles ante el consumidor.

Referente al perfil de textura, se considera tanto la externa e interna donde se evidencia las texturas predominantes en las muestras, evaluando 7 características en cada una. Estos resultados se pueden apreciar a continuación.

Tabla 19.

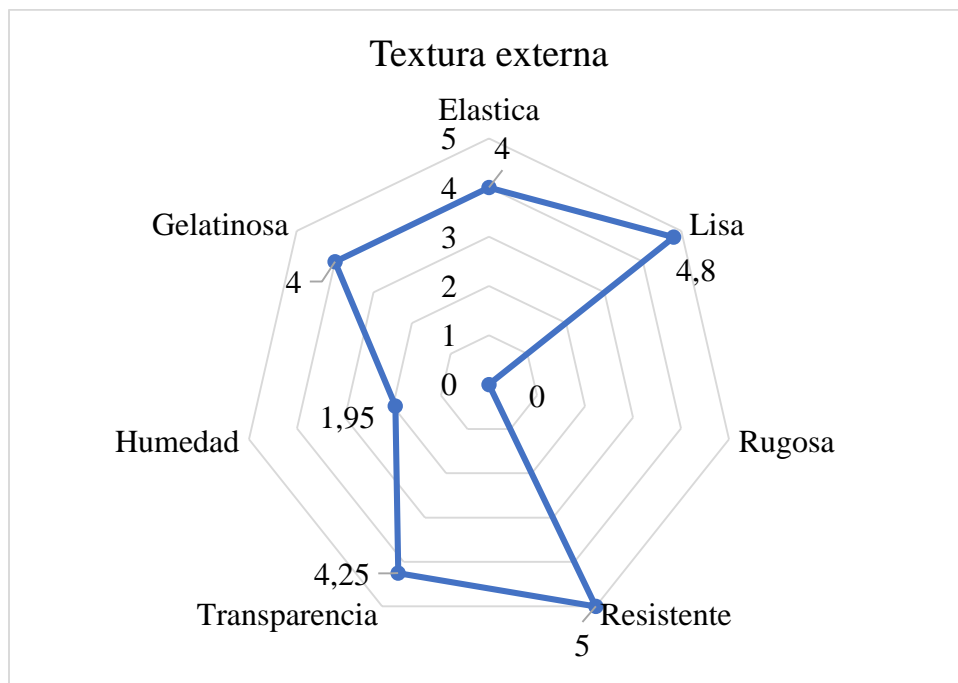
Textura externa.

Textura	Total de Muestras
Elástica	4
Lisa	4,8
Rugosa	0
EXTERNA Resistente	5
Transparente	4,25
Humedad	1,95
Gelatinosa	4

Con lo anterior, se presenta la figura del perfil sensorial de textura externa de las muestras de cápsulas de ácido ascórbico.

Figura 20.

Perfil sensorial de textura externa.



La evaluación en la textura externa con más influencia es la “Resistencia” con un valor de 5, seguidamente las características con una puntuación alta son la textura lisa, transparencia y gelatinosa y elástica con puntuaciones de 4,8, 4,25, 4 y 4 respectivamente. La textura humedad es ligera siendo del 1.95 y la rugosa imprescindible.

Tabla 20.

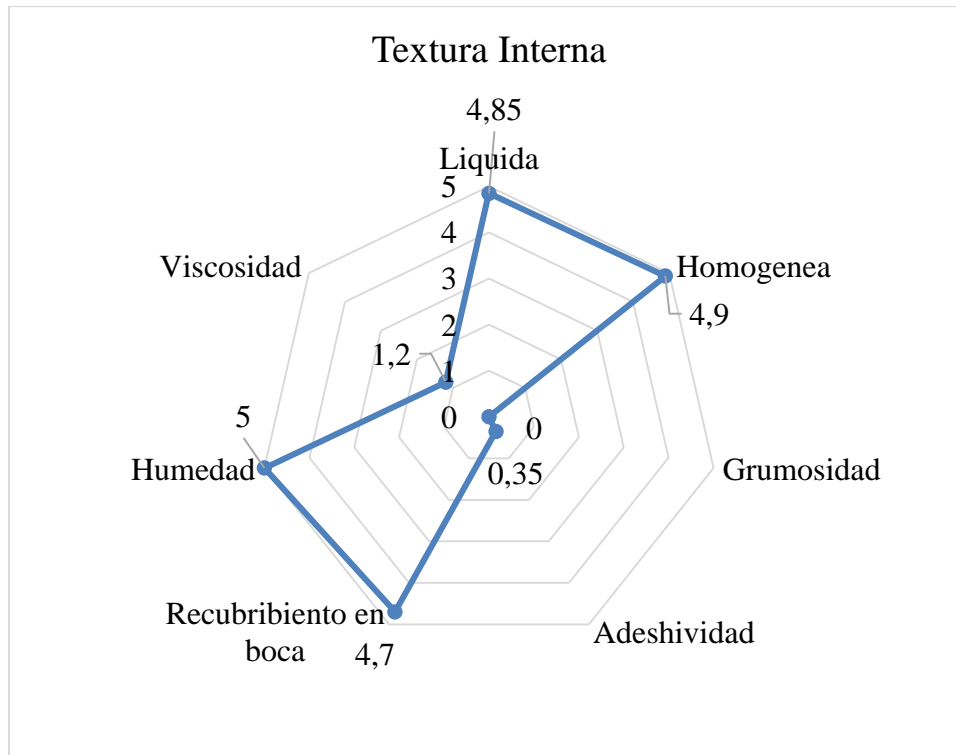
Textura interna.

	Textura	Total de Muestras
INTERNA	Líquida	4,85
	Homogénea	4,9
	Grumosidad	0
	Adhesividad	0,35
	Recubrimiento en boca	4,7
	Humedad	5
	Viscosidad	1,2

A continuación, se presenta la figura del perfil sensorial de textura interna de las muestras de cápsulas de vitamina C.

Figura 21.

Perfil sensorial de textura interna.



Para la textura interna las más influyentes son las texturas liquida, homogénea, recubrimiento en boca y humedad con puntuaciones de 5, 4,9, 4,7 y 5, la viscosidad es de 1,2 siendo casi imprescindible, en cuanto a grumosisidad y adhesividad están por debajo de 1 lo que hace que haya ausencia de este tipo de texturas.

Teniendo en cuenta las características evaluadas en el análisis sensorial se tiene que el producto final posee un sabor y aroma dulce y a naranja además de tener un olor refrescante, en su textura externa se destaca por ser lisa y resistente y en cuanto a la textura interna resalta por ser liquida, homogénea, húmeda y tener un buen recubrimiento en boca lo que permite mayor duración en cuanto a sabor. (Según Pérez et, al., 2012), en su producto final obtuvieron un sabor dulce a naranja y de textura características a una gomita suave y elástica.

Así mismo en la investigación de (Calvache, et, al., 2021), donde evaluaron las características de textura del producto donde presentó una textura de falso caviar en capa delgada de gel, donde según la evaluación de los panelistas fue tuvo una alta aceptabilidad referente a la consistencia, el sabor, el olor, el color y la textura de esta línea de producto.

3. Conclusiones

El contenido de polifenoles totales en la cáscara de naranja evaluada en este estudio (0,126 mg EAG/g) se encuentra dentro del rango del referente teórico ($3,22 \pm 0,05$ y $3,08 \pm 0,03$ mg AGE/g) propuesto por (Ordoñez et al., 2018). Sin embargo, la diferencia de valores puede deberse a diversos factores, es importante destacar que el método de extracción utilizado en este estudio podría haber subestimado el contenido real de polifenoles en la cáscara de naranja; para obtener una estimación más precisa del contenido de polifenoles, se recomienda utilizar un método de extracción más eficiente, como la extracción asistida por enzimas, a pesar de las limitaciones del método de extracción utilizado, el estudio proporciona evidencia de que la cáscara de naranja es una fuente potencial de polifenoles con propiedades bioactivas.

La técnica de espectroscopia UV-Vis con curva de calibración ha demostrado ser un método preciso y confiable para la cuantificación de ácido ascórbico en las muestras analizadas. Los resultados obtenidos concuerdan con los valores reportados en la literatura para matrices similares, lo que confirma la validez del método; las concentraciones de ácido ascórbico encontradas en las muestras se encuentran dentro del rango esperado para cápsulas líquidas de este compuesto entre 10 mg/ml y 100 mg/ml o más, estos resultados son comparables con la concentración de ácido ascórbico presente en productos comerciales similares: Nature's Bounty Vitamin C Liquid (10 mg/ml), NOW Foods Liquid Vitamin C (250 mg/ml) y MaryRuth Organics Liquid Vitamin C (1000 mg/ml), en base a lo anterior, se concluye que las cápsulas líquidas de ácido ascórbico que se pretenden diseñar estarían dentro del intervalo de concentración adecuado y podrían competir en el mercado.

De acuerdo con la determinación de proporciones para esferificación se tiene que la relación máxima de alginato (1.5 g en 100 ml) con la mínima de cloruro (0.3 g en 100 ml) permite una mayor concentración de ácido ascórbico mientras que para la resistencia el alginato y el cloruro se optimizan en la relación máxima.

Se emplearon 100 mL de solución base y 0,3 g de cloruro de sodio, 100 mL de agua destilada y 1,5 g de alginato; para producir cápsulas de 1mL con una concentración de ácido ascórbico de

87,64 mg/mL.

El producto final posee atributos sensoriales de alta calidad que lo hacen atractivo para los consumidores. El sabor y aroma dulce y naranja, junto con el aroma refrescante, son agradables y característicos del producto. La textura externa lisa y resistente, así como la textura interna líquida, homogénea y húmeda, contribuyen a una experiencia sensorial positiva y agradable. El buen recubrimiento en boca permite una mayor duración del sabor, lo que aumenta la satisfacción del consumidor.

A través de esta investigación se logra concluir que se puede obtener un aprovechamiento de residuos orgánicos como lo es la cascara de naranja, con el fin de elaborar productos alimenticios innovadores y con valor agregado, los cuales pueden llegar a competir de manera directa en el mercado local y nacional.

4. Recomendaciones

Se recomienda realizar el gráfico de superficie de respuesta donde se evalué los efectos de los factores de encapsulación para encontrar el punto óptimo de ambas variables de respuesta.

En cuanto al producto final se recomienda continuar con las pruebas de mercado con el fin de evaluar la aceptación del producto por parte de los consumidores y realizar ajustes en caso de ser necesario.

Caracterizar las cápsulas vitamínicas, buscando su estandarización en aspectos de tamaño y morfología mediante técnicas como microscopía óptica o electrónica de barrido, además de evaluar la estabilidad de las esferas encapsuladas en diferentes condiciones de almacenamiento.

Evaluar la viabilidad económica mediante un análisis de costos para determinar la viabilidad económica del proceso de extracción, cuantificación y encapsulación.

Evaluar el impacto ambiental del proceso y buscar alternativas sostenibles para reducirlo.

Referencias Bibliográficas

- Adolfo, R., y Huertas, P. (2011). Revisión: Microencapsulación de Alimentos. 63(2), 5669–5684.
- Alexander, G., Castellanos, Z., y Cauca, V. D. E. L. (2014). Aplicaciones de las biopelículas comestibles en la industria alimenticia. 1–97.
- Alcívar Marcillo, D., y Rosado Cobeña, L. (2022). Estrategias de valoración ambiental de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) para el fomento de la economía circular en la parroquia canuto. Trabajo de grado, Carrera De Ingeniería Ambiental, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Manuel Félix López. Obtenido de https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1943/1/TIC_IA33D.pdf
- Alfonso Romero, Erika Suárez, Mayra Macías, Yulineth Gómez, L. L. (2017). Diseño experimental para la obtención de compost apto para uso agrícola a partir de lodo papeler Kraft. June.
- Alvarado Dávila, T., & Hernández Sierra, A. (2018). Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja. <https://doi.org/10.23850/24220582.1393>. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 5(2), 9–32., 5(2), 9–32. Obtenido de <https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/1393/1903>
- Alzate, C. E. A. (2016). Numerical determination of the solubility of vitamin C in various solvents, for selective extraction or for its incorporation in formulations oriented to care, welfare and health of the skin. 83(December), 191–197.
- Arias Vargas, F. J y Suarez Holguín, E. (2016). Dinámica del mercado internacional para la naranja colombiana. Avances En Investigación Agropecuaria, 20(3), 5–15. <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2016/sept/1.pdf>
- Avilémis-Betanzos, K. A., Enrique, J., Montalvo, O., Cauich-Rodríguez, J. V., Scampicchio, M.,

- Morózova, K., Ramírez-sucre, M. O., y Rodríguez-buenfil, M. (2022). Plantas Capacidad Antioxidante, Vitamina C y Perfil de Polifenoles Evaluación de un pimiento chino Extracto de subproducto obtenido por ultrasonido usando solvente eutéctico.
- Axayacatl, O. (2023). Estadísticas mundiales de producción de naranja. Obtenido de <https://blogagricultura.com/estadisticas-naranja-produccion/>
- Barrios, F. (2019b). Estudios de encapsulación de polifenoles del té: Propiedades y estabilidad.
- Bazel, Y., Riabukhina, T., & Tirpák, J. (2018). Spectrophotometric determination of ascorbic acid in foods with the use of vortex-assisted liquid-liquid microextraction.
- Bedoya Betancur, S., Amar Gil, S., Barrera Z, R., Arriola V, E., & Ardila A, A. (2021). Escenario técnico y económico para la valorización integral a pequeña escala de residuos de naranja en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 26(3), 367-380. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/inge/v26n3/0121-750X-inge-26-03-367.pdf>
- Belkis Avalo, S. P. y M. T. (2009). Caracterización preliminar del proceso de concentración del jugo natural de naranja en un evaporador de tres efectos. November 2009.
- Benassini, M. (2009). Introducción a la investigación de mercados: un enfoque para América Latina.
- Benítez, N. (2016). Con cáscaras de naranja quieren mejorar la industria y el ambiente colombiano. <https://www.laopinion.com.co/economia/con-cascaras-de-naranja-quieren-mejorar-la-industria-y-el-ambiente-colombiano>
- Bueso, M. J. J. (1999). Constituyentes aromáticos del zumo de naranja. Efecto del procesado industrial.

- Cabrera, & Portilla. (2016). Manual de prácticas para tecnología de frutas y hortalizas.
- Calvache Muñoz, Ramos V, Loja M, Arboleda M, Vargas B, & Faisuler P. (2021). Desarrollo de cócteles con textura modificada mediante técnicas de mixología molecular Development of cocktails with modified texture through molecular mixology techniques. *Mundo Fesc*, 11(S2), 2021–2181.
- Campos, Cynthia. (2021). Métodos analíticos para la determinación de vitamina C. Universidad de La Laguna, 14–16.
- Castillo Velarde, E. (2019). Vitamina C en la salud y en la enfermedad. *Revista URP - Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 19(4), 27-31. Obtenido de <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/RFMH/article/view/2351/2403>
- Cárdenas, A. G. C. (2018). Evaluación de las condiciones de encapsulación de extractos de polifenoles y esteviósidos para su aplicación como aditivos en la industria alimentaria.
- Carr, A., y Rowe, S. (2020). Factors affecting vitamin c status and prevalence of deficiency: A global health perspective. <https://doi.org/10.3390/nu12071963>. *Nutrients*, 12(7), 1–19.
- Cevallos Béjar, K., & Zambrano Bustamante, K. (2023). Análisis de los atributos sensoriales de esferas de maracuyá (*passiflora edulis*) y su aceptación en la mixología moderna. Trabajo de grado, Universidad de Guayaquil. Obtenido de <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a6519430-0361-4aef-85c6-eddbde83240c/content>
- Change, G., Cimino, M., York, N., Alifah, U., Mayssara, A., Abo, H., . . . Change, G. (2021). Estrategia Nacional Para La Prevención y Control de las Deficiencias de Micronutrientes en Colombia 2014 – 2021. *Toward a Media History of Documents*, 3(2), 6.
- Clermont, O., Bonacorsi,, S., y Bingen, E. (2000). Determinación rápida y sencilla del grupo

filogenético de *Escherichia coli*. *Genetics And Molecular Biology*, 66(10), 4555-4558.
Obtenido de <https://journals.asm.org/doi/epub/10.1128/aem.66.10.4555-4558.2000>

Clínica Universidad de Navarra. (2023). Alimentos ricos en vitamina C o ácido ascórbico.
<https://www.cun.es/chequeos-salud/vida-sana/nutricion/alimentos-ricos-vitamina-c>

Colombia Productiva. (2015). Fábricas de Productividad y Sostenibilidad.
(<https://www.colombiaproductiva.com/CMSPages/GetFile.aspx?guid=07f5b8eb-5e20-48ee-a8d9-a60930c6e021>).

Colantuono, F., Piazzolla, F., Lucia, M., Chiara, V. De, National, I., & Amodio, M. L. (2015). Influence of Temperature and Blending Time on Quality of Minimally Processed Puree from Four Melon Types Influence of Temperature and Blending Time on Quality of Minimally Processed Puree from Four Melon Types. August.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1091.19>

CookStorming. (2017). Técnica de esferificación. <https://cookstorming.com/tecnica-de-esferificacion/>

Díaz, N. A., Ruiz, J. A. B., Reyes, E. F., Cejudo, A. G., Novo, J. J., Peinado, J. P., Meléndez-valdés, F. T., & Fiñana, I. T. (2016). Espectrofometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. 1–8.

Díaz Montes, E., Ceron, G. y Vargas-León, E. (enero de 2023) Encapsulación de compuestos bioactivos: una revisión sistemática PÄDI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI 10(20):17-28.
https://www.researchgate.net/publication/366896009_Encapsulacion_de_compuestos_bioactivos_una_revision_sistematica

Duarte, R., y Rojas, M. (2018). Esferificación.

Dyana Daysi Rosales Laguna, G. A. A. (2015). Vitamina c y parámetros fisicoquímicos durante la maduración de *Berberis lobbiana* “UNTUSHA.” 81(1), 63–75.

Europe, P. (2018). Esferificación y coctelería. Gastronomía molecular.

Fandiño Moreno, Y. (2020). evaluación de la eficiencia de extracción y contenido de compuestos antioxidantes del fruto de mora de castilla (*rubusglaucus benth*) utilizando cloruro de colina: urea como solvente eutéctico y ultrasonido en comparación con una técnica de extracción conv. Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/38889/1/yfandinom.pdf>

Frutamare. (22 de mayo de 2022). Propiedades de la cáscara de naranja. Obtenido de <https://www.frutamare.com/cascara-de-naranja/>

García, Gómez, García, y Escobar. (2020). Consumo de frutas y verduras y su efecto en la salud en Bogotá, Colombia.

Gazdik, Z., Zitka, O., Petrlova, J., Adam, V., Zehnalek, J., Horna, A., Reznicek, V., Beklova, M., & Kizek, R. (2020). Determination of Vitamin C (Ascorbic Acid) Using High Performance Liquid Chromatography Coupled with Electrochemical Detection. *Sensors*, 8(11), 7097–7112. <https://doi.org/10.3390/s8117097>

Gómez, E., Rosales, N., León, M & Madrid, Y. (2019). Citrus peels waste as a source of value-added compounds: Extraction and quantification of bioactive polyphenols. *Food Chemistry*, 295(May), 289–299. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.136>

Gomez-Urios, C., Puchades-Colera, P., Frijola, A., Lopez-Malo, D., Esteve Mas, M., & Blesa, J. (2023). Liberación del valor de los residuos: un estudio comparativo de los métodos de extracción de cáscara de naranja utilizando disolventes eutécticos profundos naturales a base de cloruro de colina. <https://ssrn.com/abstract=4671100>.

Guédez, C., Cañizalez, L., Castillo, C., Olivar, R., & Maffei, M. (14 de Junio de 2010). Alternativas para el control de hongos postcosecha en naranjas valencia (*Citrus sinensis*). Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología, 30(1), 1-16. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562010000100009

Janos Zempleni, J., Jesse F, G., & Patrick J, S. (2013). Handbook of Vitamins (5 ed.). CRC Press. Obtenido de <https://doi.org/10.1201/b15413-15>

Hurtado, A. (2015). Mejora De Las Condiciones De Liofilización Para La Obtención De Fruta En Polvo.

Iglesias, L., Mas, A., Bravo, F; Aragonès, G., Mugerza, B & Arola, A. (2019). Optimization of a polyphenol extraction method for sweet orange pulp (*Citrus sinensis* L.) to identify phenolic compounds consumed from sweet oranges. PLoS ONE, 14(1), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211267>

Intelligence., M. (2023). Mercado De Ácido Ascórbico: Crecimiento, Tendencias, Impacto De Covid-19 Y Pronósticos (2023 - 2028). <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/ascorbic-acid-market>

Janicijevic, C. (2020). Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegov in a Spectrophotometric analysis of total ascorbic acid content in various fruits and vegetables. Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina, 38, 39–42.

Jordán, M. (2018). Constituyentes aromáticos del zumo de naranja. Efecto del procesado industrial. Universidad de Murcia. España, 338.

Khitma A. , S., Randa AA, E., & Amro B. , H. (2018). Contenido de compuestos fenólicos y vitamina C y actividad antioxidante en partes desperdiciadas de cítricos sudaneses. Food Science & Nutrition, 6(5), 1214-1219. Obtenido de <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.12169>

La Opinión. (s.f.). Con cáscaras de naranja, quieren mejorar la industria y el ambiente colombiano. Universidad Simón Bolívar. Obtenido de <https://www.laopinion.com.co/economia/con-cascaras-de-naranja-quieren-mejorar-la-industria-y-el-ambiente-colombiano>

Leiton-Ramirez, Y., Mosquera-Vivas, E., Ochoa-Martínez, C., & Ayala-Aponte, A. (Noviembre de 2016). Evaluación de propiedades físico-químicas en secado de naranja (*Citrus sinensis*) mediante liofilización: influencia del espesor. *Agronomía Colombiana Suplemento* , 1, 340-342.

López Hernández, V. (2014). Fortificación de cáscara de naranja (*C. sinensis* var Valencia) por impregnación con miel. Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ciencias Alimentarias, Universidad Veracruzana. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46746/LopezHernandezVeronica.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

MADR - Colombia. (2020). Cultivos-Producción En Toneladas (T) - Año 2020. Producción Anual de Productos Frutícolas Por Departamento. <https://www.minagricultura.gov.co/paginas/default.aspx>

Mangas, C. C. (2021). Métodos analíticos para la determinación de vitamina C. Universidad de La Laguna, 14–16. [https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/24595/Metodos analiticos para la determinacion de vitamina C.pdf?sequence=1](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/24595/Metodos%20analiticos%20para%20la%20determinacion%20de%20vitamina%20C.pdf?sequence=1)

Márquez, M. A. N. (2007). *Análisis de alimentos* 1. 1–63.

Merchán, M. R. G. (2020). “Optimización de las condiciones de extracción asistida por ultrasonido de flavonoides en cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*) para su aplicación agroindustrial.”

Microchemical Journal, 143(June), 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.08.003>

Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2012). Encuesta Nacional de Situación Nutricional en Colombia

Minsalud. (2015). Estrategia nacional para la prevención y control de las deficiencias de micronutrientes en Colombia 2014-2021. (<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/Estrategia-nacional-prevencion-control-deficiencia-micronutrientes.pdf>).

Miranda Lasprilla, D. (2020). Naranja (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el. Agrosavia. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36826/Ver_documento_36826.pdf?sequence=4.

Montenegro, E. C., & Vigo, E. F. A. (2020). Cinética de degradación de vitamina C y color de pulpa de pitahaya (*Hylocereus monacanthus*) Pasteurizada. https://revistas.uss.edu.pe/index.php/tzh/article/view/1325/1328#content/Figura_reference_3

Morales. (2019). Consumo de micronutrientes en personas mayores de 60 años. Estudio poblacional en la ciudad de Cali.

Motta, Á. (2019). Evaluación De Un Solvente Verde Para La Extracción De Lípidos A Partir De Biomasa De Microalgas A Escala Laboratorio.

Nowak, D., Gośliński, M., Wojtowicz, E., & Przygoński, K. (2018). Antioxidant Properties and Phenolic Compounds of Vitamin C-Rich Juices. *Journal of Food Science*, 83(8), 2237–2246. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14284>

Ordoñez, G; Reátegui, D & Villanueva, J. (2018). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 113

121. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.13>

Ospina, D. S., & Hernández, Y. M. (2018). Principios básicos de la cromatografía líquida de alto rendimiento para la separación y análisis de mezclas. 4.

Pérez I, reyes K, Hoyos A, y Casillas R. (2012). Desarrollo, y caracterización de golosinas con ingredientes de interés nutricional Development and characterization of candies using ingredients with nutritional value.

Pochteca, G. (2017). Alginato de sodio. <https://mexico.pochteca.net/alginato-de-sodio/>

Presenta, C. A., y Nieto, E. A. (2019). Universidad Veracruzana maestría en ciencias alimentarias instituto de ciencias básicas.

Pullar, J. M., Carr, A. C., & Vissers, M. C. M. (2017). The roles of vitamin C in skin health. In *Nutrients* (Vol. 9, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu9080866>

Pinzón-Bedoya, M., y Cardona Tamayo, A. (2008). Caracterización de la cáscara de naranja para su uso como material bioadsorbente. *Revista Bistua*, 6(1), 1-23. <https://www.redalyc.org/pdf/903/90312176003.pdf>.

Pullar, J. M., Carr, A. C., & Vissers, M. C. M. (2017). The roles of vitamin C in skin health. In *Nutrients* (Vol. 9, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu9080866>

Quindío, U. D. E. L. (2020). Evaluaciones solventes NADES.

Ribeiro, Barros, & Pinho. (2018). Nano/Microencapsulation of bioactive compounds through the process of inverse emulsion: An overview. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.025>

- Rodríguez-Arzave, J., Florido-Aguilar, A., y Hernández-Torres, M. (2020). Determinación de parámetros fisicoquímicos en jugos de frutas cítricas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5., 233-238. <http://eprints.uanl.mx/23524/1/23.pdf>.
- Romera, A. M. (2021). Determinación de solubilidades de los ácidos ferúlico, cumárico y cafeico en disolventes derivados de glicerol.
- Rucker, y Steinberg. (2013). Ascorbic Acid. In *Handbook of Vitamins* (pp. 434–459). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b15413-15>
- Rueda, Y. X., Mancilla L, L. L., y Parada Y, P. D. (2007). Estudio del aceite esencial de la cáscara de la naranja dulce (*Citrus sinensis*, variedad Valenciana) cultivada en Labateca (Norte de Santander, Colombia). www.infoagro.com
- Sailema, Ortiz Magdalena Lizbeth, Ronald Hendry Palacios Duchicela, C. A. Z. M. (2023). Efecto de solvente y temperatura para la extracción de compuestos fenólicos en hojas de fresa. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6365/9693>
- Sandra Rosy Quillimamani Soncco, A. D. C. R. (2022). Evaluation of the thermal degradation kinetics of vitamin C in the pulp of tumbo (*Passiflora mollissima* b.). 145–164.
- Serra, H., y Cafaro, T. (octubre de 2007). Ácido ascórbico: desde la química hasta su crucial función protectora en ojo. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 41(4), 525-532. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-29572007000400010
- Silva, Camacho, Martínez, & Martinez N. (2021). Impact of the freeze-drying conditions applied to obtain an orange snack on energy consumption. *Foods*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/foods10112756>
- Sir Elkhatim, K. A., Elagib, R. A. A., & Hassan, A. B. (2018). Content of phenolic compounds and vitamin C and antioxidant activity in wasted parts of Sudanese citrus fruits. *Food Science*

and Nutrition, 6(5), 1214–1219. <https://doi.org/10.1002/fsn3.660>

Tian, W., Chen, G., Gui, Y., Zhang, G & Li, Y. (2021). Rapid quantification of total phenolics and ferulic acid in whole wheat using UV–Vis spectrophotometry. *Food Control*, 123(June), 107691. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107691>

Trujillo Jiménez, Á. (2019). Plan de negocio para el aprovechamiento de residuos de naranja en Bogotá D.C. y la generación de oportunidades innovadoras y sostenibles con miras al mercado internacional. Universidad Piloto de Colombia. <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5511/Plan%20de%20negocio.pdf?sequence=8&isAllowed=y>.

Valdes, F. (2006). Vitamina C. *Actas Demo-sifiliográficas*, 97 (9), 557-568. <https://actasdermo.org/es-vitamina-c-articulo-13095269>

Vargas, E. (2018). Laboratorio de ecología urbana - UNED. *Del Problema a La Solución: Las Naranjas Lo Tienen Todo*.

Vásquez, H. H. (2018). Influencia de los parámetros de funcionamiento de un prototipo de faenado en las características fisicoquímicas de la carne de cuy (*Cavia porcellus*). December 2018. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26162.76484>

Vildósola. (2017). *Análisis De Alimentos 1*.

Villa, S. (2021). Caracterización de la cáscara de naranja para su uso como material bioadsorbente. *Ambiente*, 57(7), 1–23.

Yáñez Rueda , X., Lugo Mancilla , L., & Parada Parada, D. (2007). Estudio del aceite esencial de la cáscara de la naranja dulce (*Citrus sinensis*, variedad Valenciana) cultivada en Labateca (Norte de Santander, Colombia). *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 5(1), 3-8. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/903/90350101.pdf>

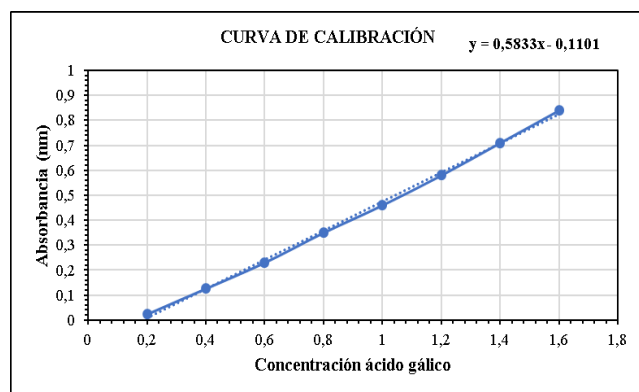
Yu, Q., Li, C., Duan, Z., Liu, B., Duan, W., y Shang, F. (2017). Ultrasonic microwave-assisted extraction of polyphenols, flavonoids, triterpenoids, and Vitamin C from *Clinacanthus nutans*. *Czech Journal of Food Sciences*, 35(1), 89–94. <https://doi.org/10.17221/82/2016-CJFS>

Zambrano, R. (2021). Conservación de zumo de naranja (*Citrus sinensis*) utilizando dosis de miel de abeja y canela como conservante natural.

Anexos

Anexo A. Cuantificación de polifenoles

Concentración ácido gálico	Absorbancia nm
0,2	0,023
0,4	0,126
0,6	0,23
0,8	0,35
1	0,46
1,2	0,580
1,4	0,71
1,6	0,840



Absorbancia extracto de cáscara de naranja

Absorbancia extracto de cáscara de naranja	
M1	0,257
M2	0,258
M3	0,258
M4	0,303
M5	0,3
M6	0,299
M7	0,221
M8	0,222
M9	0,222


Ácido gálico presente en extracto de cáscara de naranja

Ácido gálico presente en extracto de cáscara de naranja (mg/L)	
M1	0,629
M2	0,631
M3	0,631
M4	0,708
M5	0,703
M6	0,701
M7	0,567
M8	0,569
M9	0,569

Polifenoles totales presentes en la cáscara de naranja.

Polifenoles totales presentes en la cáscara de naranja (mg EAG/g)	
M1	0,125
M2	0,126
M3	0,126
M4	0,141
M5	0,140
M6	0,140
M7	0,113
M8	0,113
M9	0,113

Anexo B. Cuantificación de ácido ascórbico por HPLC


	UNIVERSIDAD MARIANA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL		
	ANÁLISIS DE CROMATOGRAFÍA		
	CÓDIGO: F-LAI-03	VERSIÓN: 01	PÁGINA 1 de 8

Equipo:	HPLC Thermo Scientific Ultimate 3000 RS
Columna:	Hi-Plex Ca – 300 x 7.7 mm
Fase móvil:	Agua 100 %
Flujo:	0,60 mL/min
Temperatura:	40 °C
Volumen de inyección:	10 µL
Detectores:	UV-vis / RI (254 nm)

Resultados de cromatografía líquida de muestras de vitamina C.

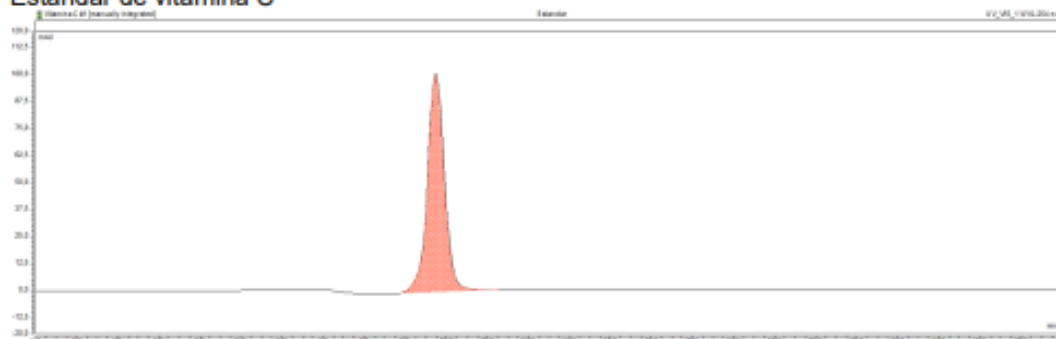
Muestra	Área (mAU)	Concentración (mg/L)
Estándar de vitamina C Ácido L-ascórbico (Sigma Aldrich - Ref. 50-81-7)	49,0430	100
M1	0,0000	0,00
M2	7,8956	16,10
M3	7,1704	14,62
M4	7,6341	15,57
M5	7,4850	15,26
M6	6,9543	14,18
M7	7,4883	15,27
M8	0,0000	0,00
M9	7,9019	16,11
M10	3,9279	8,01
M11	2,7401	5,59
M12	3,2562	6,64
M13	3,0051	6,13
M14	3,4136	6,96
M15	3,0025	6,12
M16	2,6439	5,39
M17	2,9961	6,11
M18	2,6877	5,48
M19	129,5180	264,09

“Consolidación de la Excelencia Educativa para la Transformación Social”

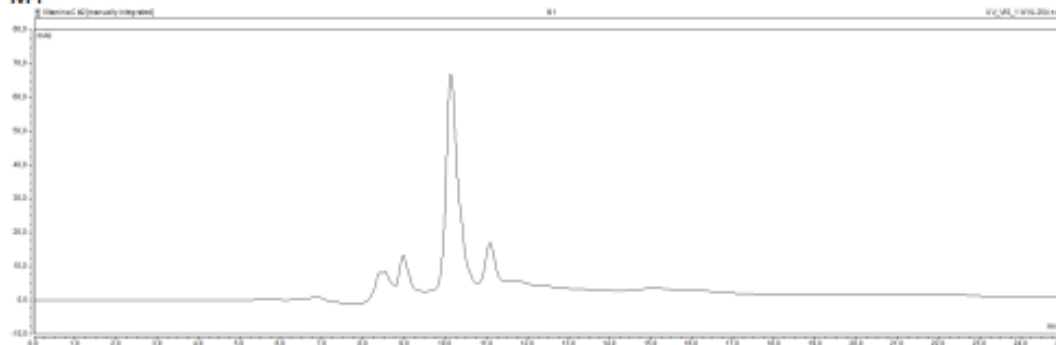
	UNIVERSIDAD MARIANA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL		
	ANÁLISIS DE CROMATOGRAFÍA		
	CÓDIGO: F-LAI-03	VERSIÓN: 01	PÁGINA 2 de 8

Cromatogramas

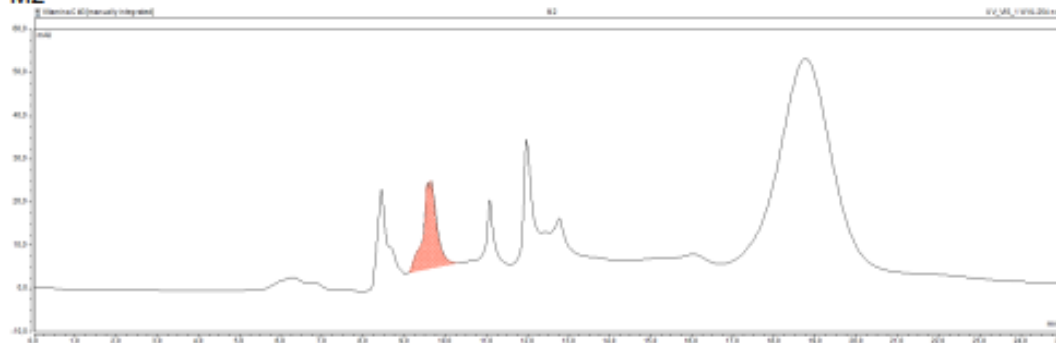
Estándar de vitamina C



M1




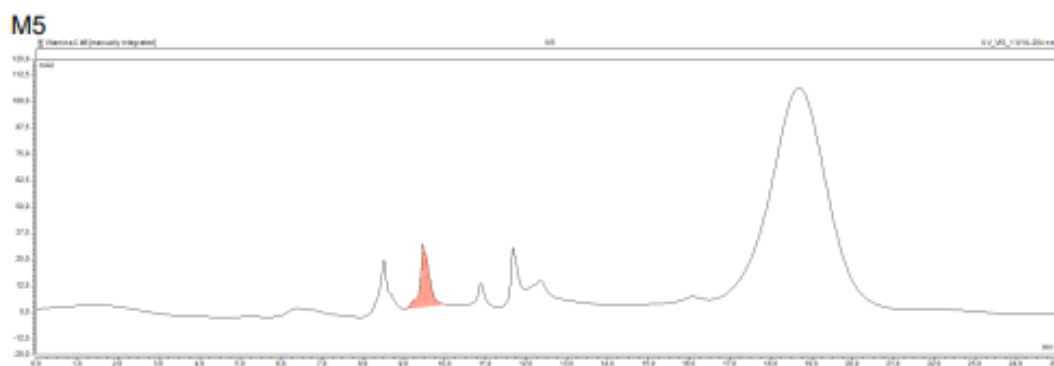
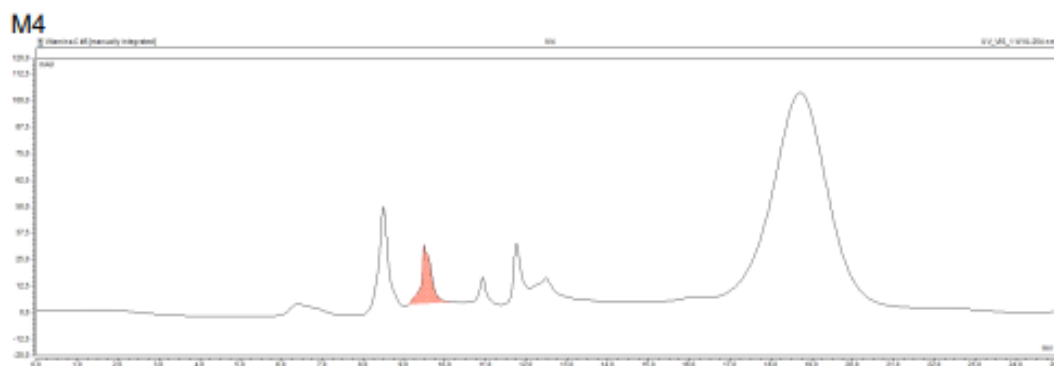
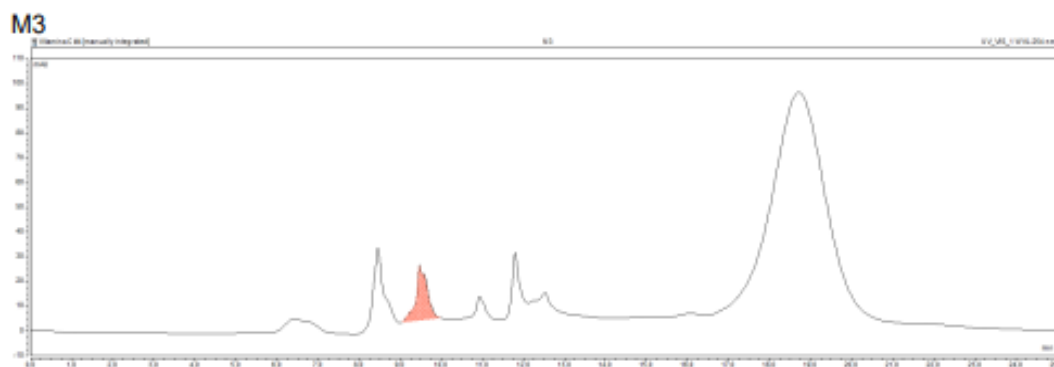
M2



"Consolidación de la Excelencia Educativa para la Transformación Social"


Calle 18 No. 34-104 – PBX (Tel.) 7244460 – San Juan de Pasto – Colombia
www.umariana.edu.co - informacion@umariana.edu.co
Vigilada por el Ministerio de Educación Nacional

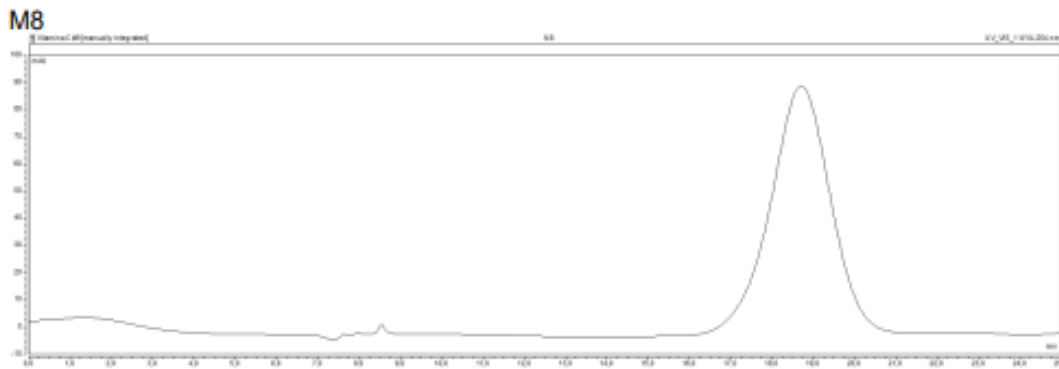
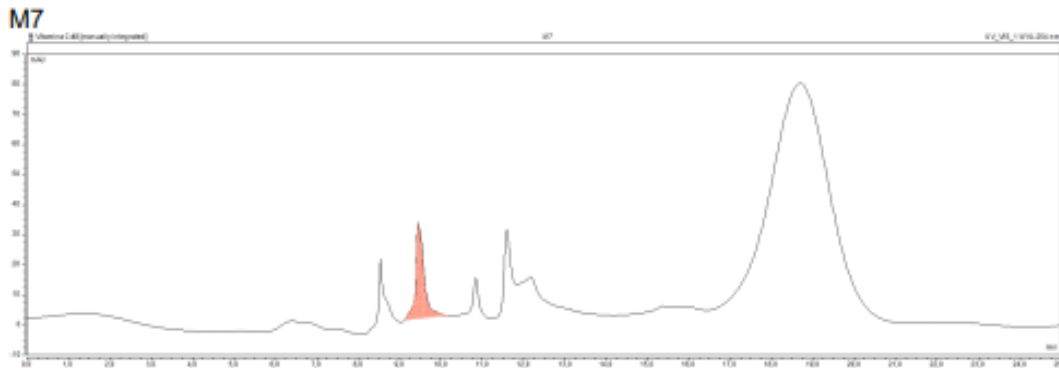
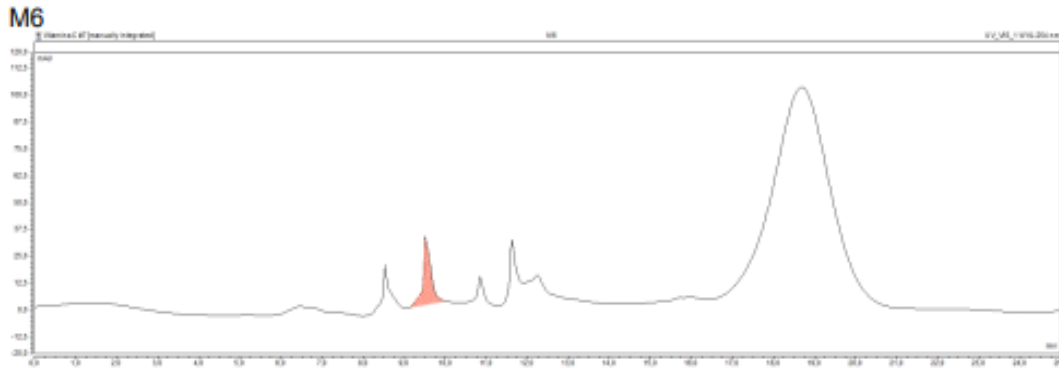
	UNIVERSIDAD MARIANA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL		
	ANÁLISIS DE CROMATOGRAFÍA		
	CÓDIGO: F-LAI-03	VERSIÓN: 01	PÁGINA 3 de 8



"Consolidación de la Excelencia Educativa para la Transformación Social"


Calle 18 No. 34-104 – PBX (Tel.) 7244460 – San Juan de Pasto – Colombia
www.umariana.edu.co - informacion@umariana.edu.co
Vigilada por el Ministerio de Educación Nacional

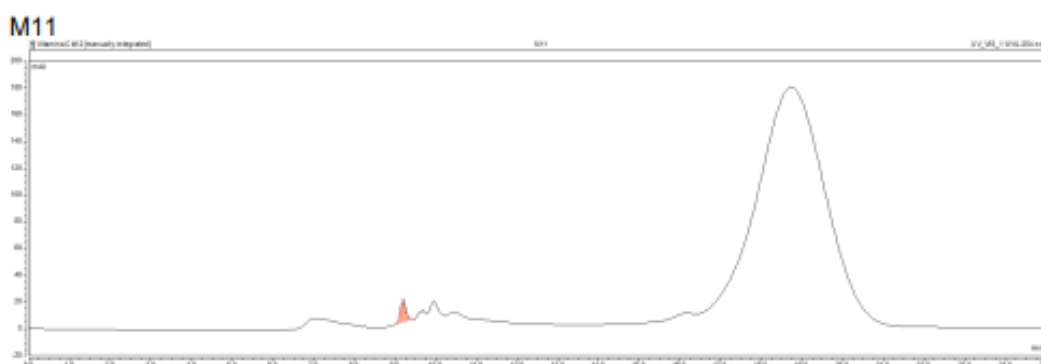
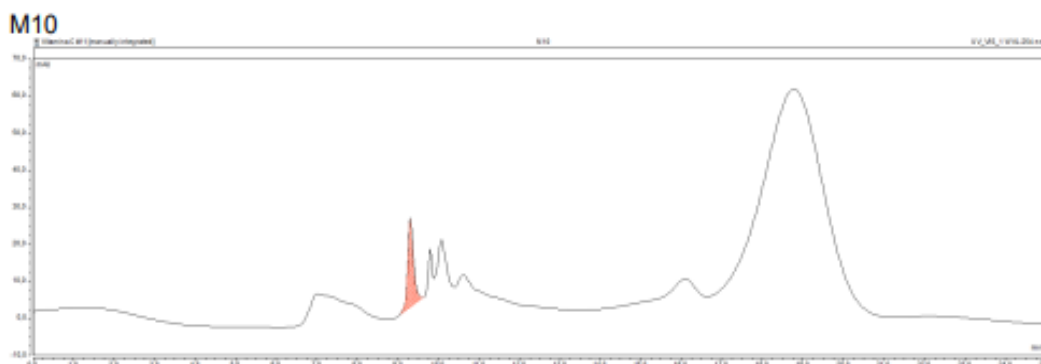
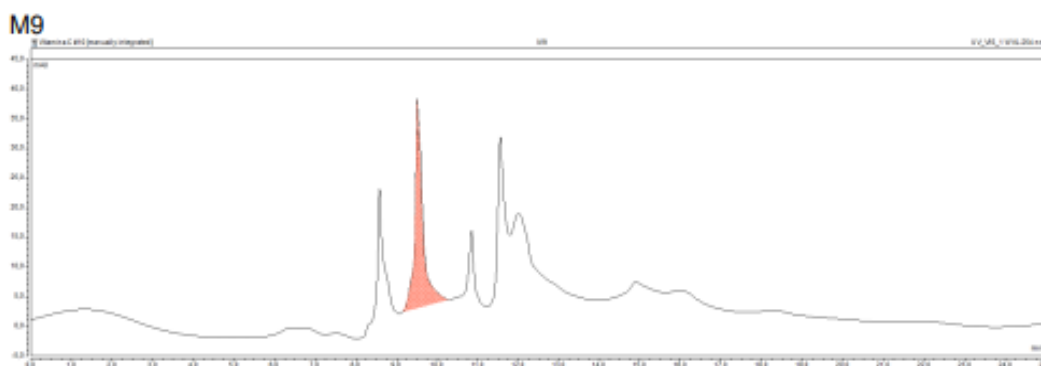
	UNIVERSIDAD MARIANA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL		
	ANÁLISIS DE CROMATOGRAFÍA		
	CÓDIGO: F-LAI-03	VERSIÓN: 01	PÁGINA 4 de 8



"Consolidación de la Excelencia Educativa para la Transformación Social"


Calle 18 No. 34-104 – PBX (Tel.) 7244460 – San Juan de Pasto – Colombia
www.umariana.edu.co - informacion@umariana.edu.co
Vigilada por el Ministerio de Educación Nacional

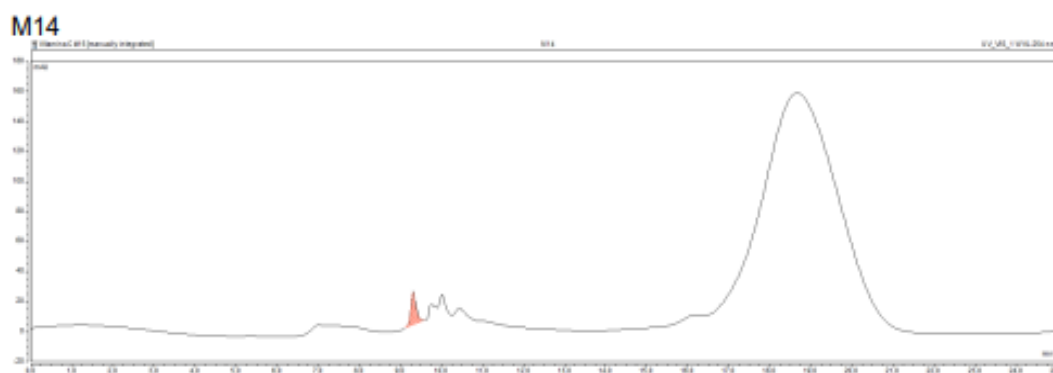
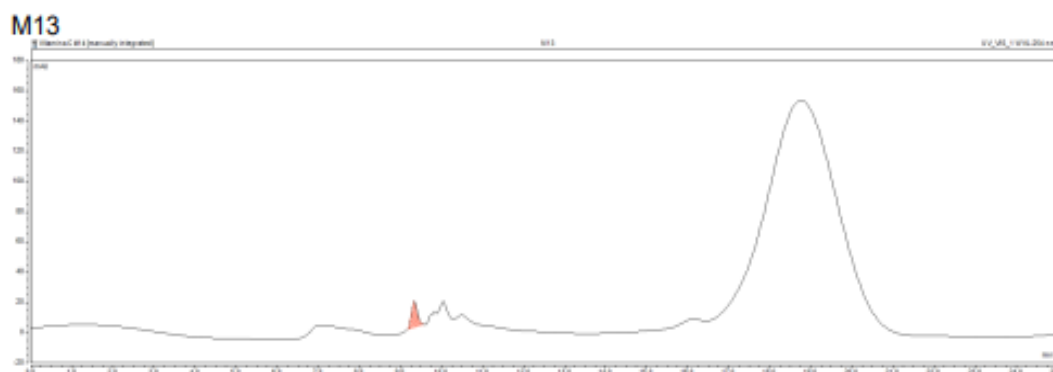
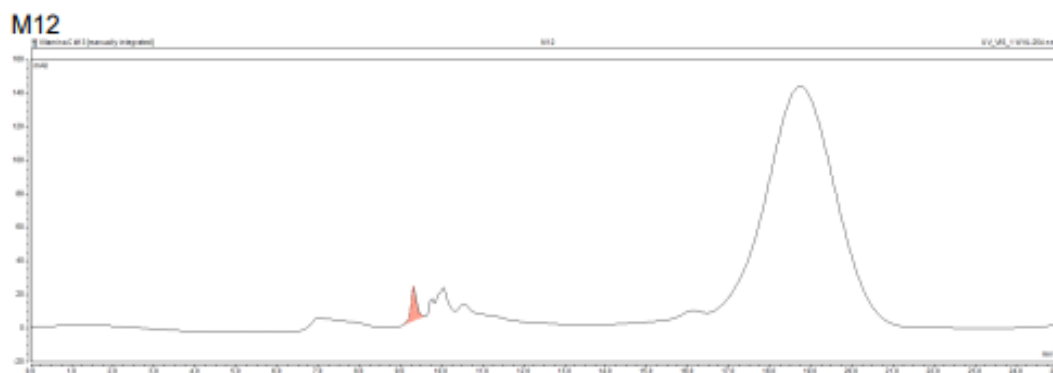
	UNIVERSIDAD MARIANA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL		
	ANÁLISIS DE CROMATOGRAFÍA		
	CÓDIGO: F-LAI-03	VERSIÓN: 01	PÁGINA 5 de 8



"Consolidación de la Excelencia Educativa para la Transformación Social"



Calle 18 No. 34-104 – PBX (Tel.) 7244460 – San Juan de Pasto – Colombia
www.umariana.edu.co - informacion@umariana.edu.co
Vigilada por el Ministerio de Educación Nacional

	UNIVERSIDAD MARIANA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL		
	ANÁLISIS DE CROMATOGRAFÍA		
	CÓDIGO: F-LAI-03	VERSIÓN: 01	PÁGINA 6 de 8

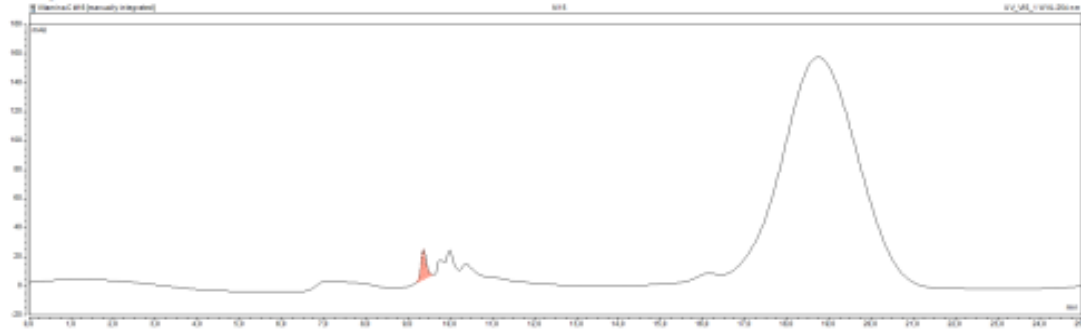


“Consolidación de la Excelencia Educativa para la Transformación Social”

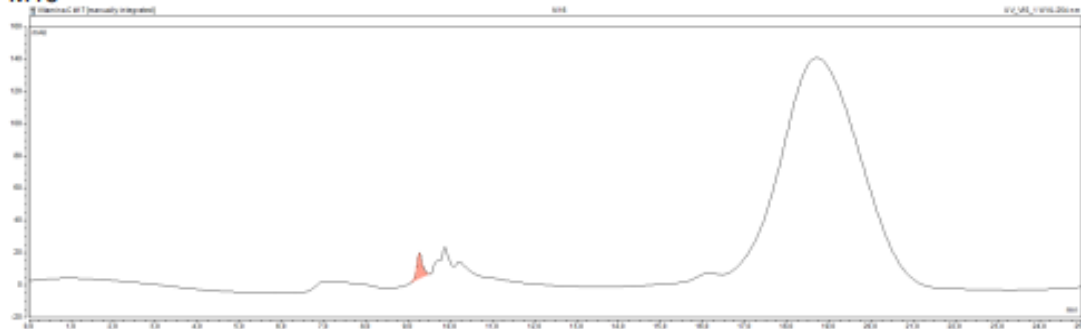
Calle 18 No. 34-104 – PBX (Tel.) 7244460 – San Juan de Pasto – Colombia
www.umariana.edu.co - informacion@umariana.edu.co
Vigilada por el Ministerio de Educación Nacional

 Universidad Mariana www.umariana.edu.co	 Acreditada en Alto Calidad por el Ministerio de Educación Nacional	UNIVERSIDAD MARIANA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL		
		ANÁLISIS DE CROMATOGRAFÍA		
		CÓDIGO: F-LAI-03	VERSIÓN: 01	PÁGINA 7 de 8

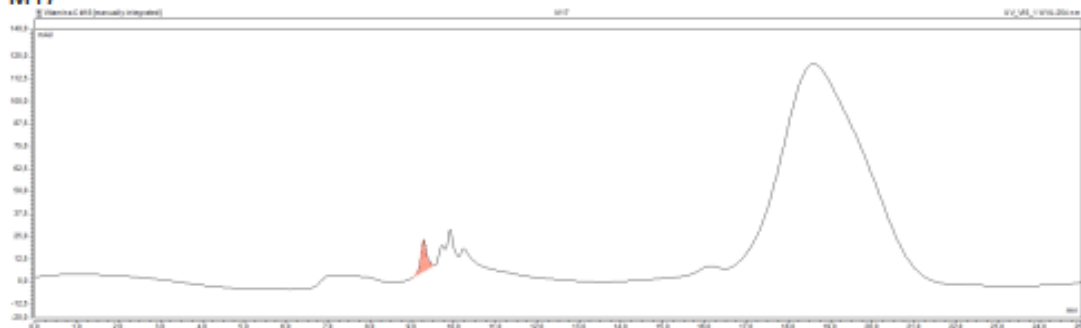
M15



M16




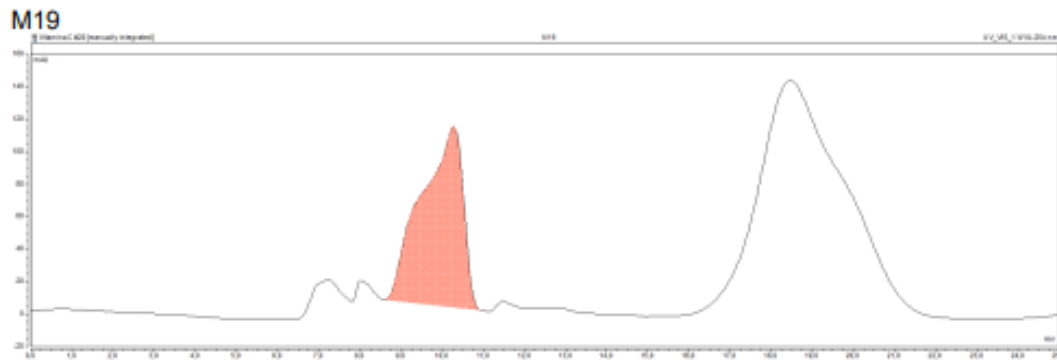
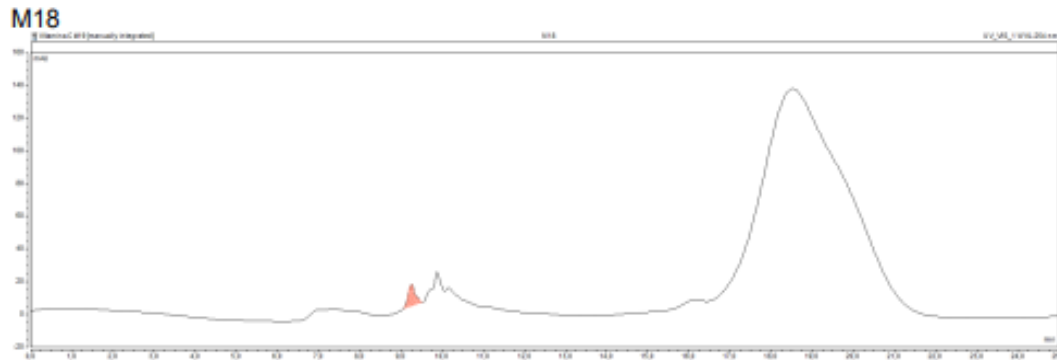
M17



“Consolidación de la Excelencia Educativa para la Transformación Social”

Calle 18 No. 34-104 – PBX (Tel.) 7244460 – San Juan de Pasto – Colombia
www.umariana.edu.co - informacion@umariana.edu.co
Vigilada por el Ministerio de Educación Nacional

	UNIVERSIDAD MARIANA FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL		
	ANÁLISIS DE CROMATOGRAFÍA		
	CÓDIGO: F-LAI-03	VERSIÓN: 01	PÁGINA 8 de 8



"Consolidación de la Excelencia Educativa para la Transformación Social"

Calle 18 No. 34-104 – PBX (Tel.) 7244460 – San Juan de Pasto – Colombia
www.umariana.edu.co - informacion@umariana.edu.co
Vigilada por el Ministerio de Educación Nacional

Anexo C. Cuantificación de ácido ascórbico por absorbancia

Concentración ácido ascórbico mg/mL	Absorbancia nm
20	0,585
40	1,314
60	2,168
80	3,125
100	4,012

Curva de calibración de ácido ascórbico.

Identificación de concentración de ácido ascórbico presente en los solventes NADES

$X = y - b / m$	
$X = (y - (-0.3869)) / 0,0441$	
m=	0,0433
b=	-0,3587

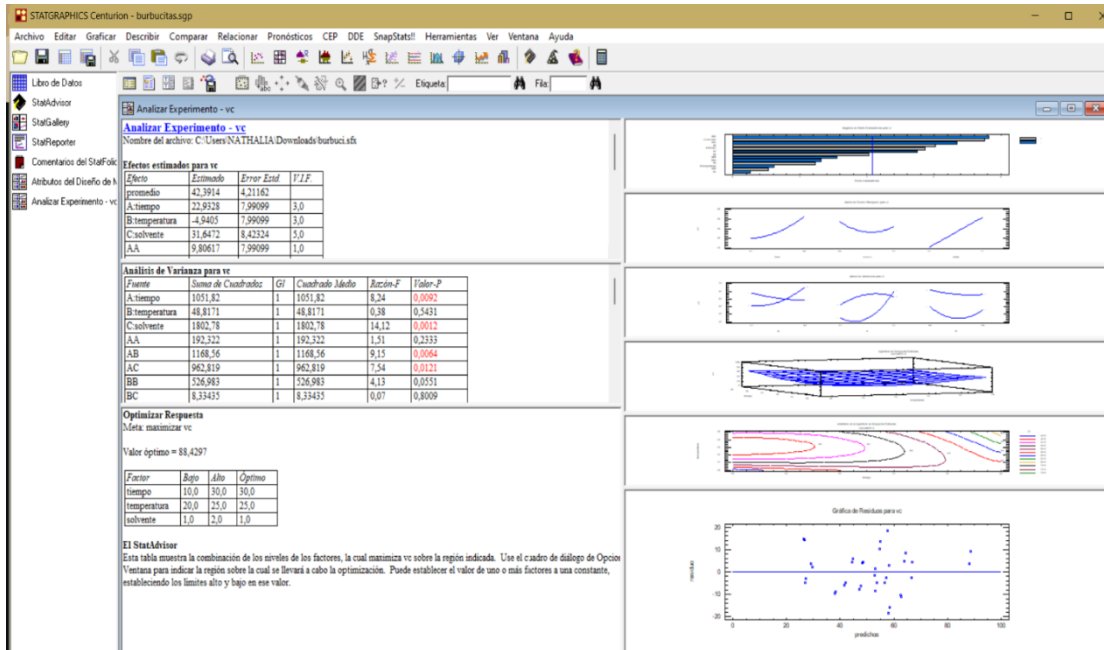
Resultados de la concentración de ácido ascórbico presente en cada solvente a diferentes temperaturas y tiempos.

Corrida	Tiempo	Temperatura	Solvente	[V.C]
1	10	20	S1	71,132
2	10	22	S1	24,127
3	10	25	S1	31,794
4	20	20	S1	37,322
5	20	22	S1	41,032
6	20	25	S1	29,254
7	30	20	S1	53,057
8	30	22	S1	51,887
9	30	25	S1	97,645
10	10	20	S2	48,777
11	10	22	S2	50,763
12	10	25	S2	54,543
13	20	20	S2	72,788
14	20	22	S2	42,564
15	20	25	S2	61,217
16	30	20	S2	44,627
17	30	22	S2	68,784
18	30	25	S2	41,44
19	10	20	S1	64,073
20	10	22	S1	22,226
21	10	25	S1	32,726
22	20	20	S1	35,828
23	20	22	S1	41,086
24	20	25	S1	28,369
25	30	20	S1	52,356
26	30	22	S1	52,118

Obtención de cápsulas de vitamina C a partir de la cáscara de naranja

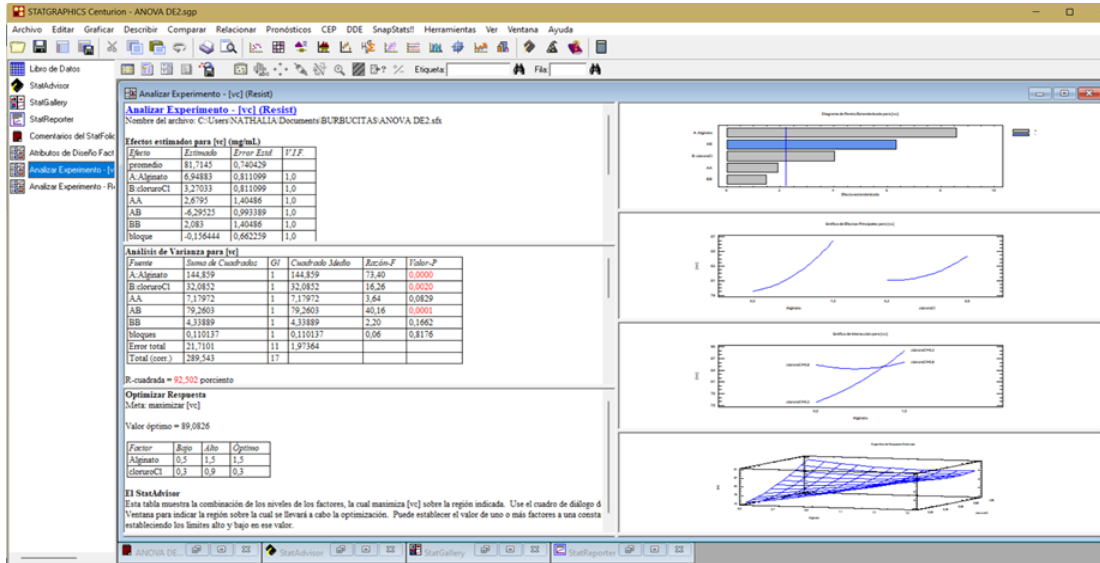
27	30	25	S1	91,848
28	10	20	S2	54,674
29	10	22	S2	48,9
30	10	25	S2	51,902
31	20	20	S2	68,677
32	20	22	S2	39,477
33	20	25	S2	76,013
34	30	20	S2	51,209
35	30	22	S2	64,958
36	30	25	S2	39,362

Anexo D. Diseño experimental cuantificación de ácido ascórbico.

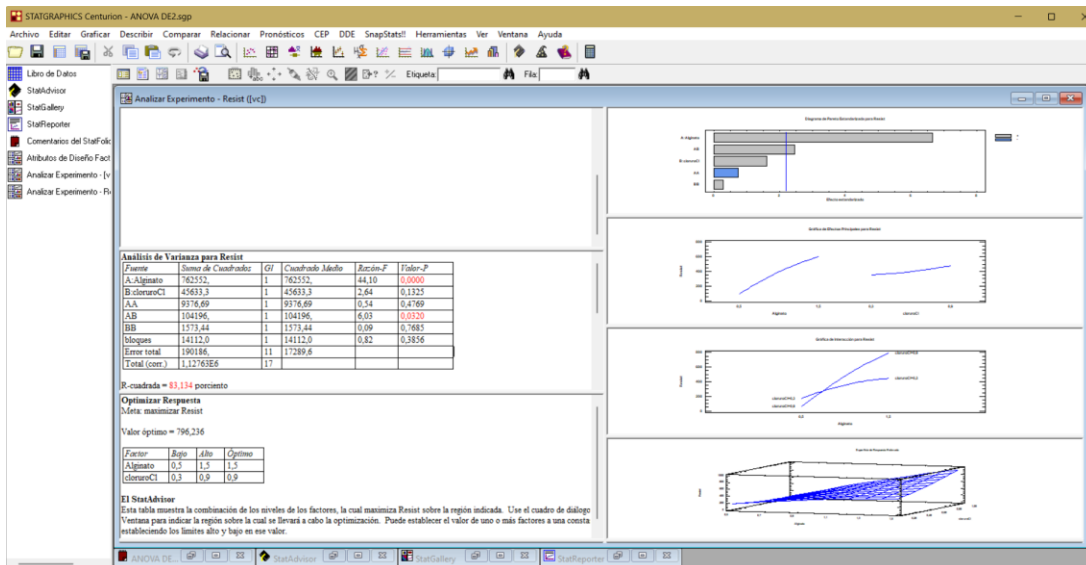


Anexo E. Diseño multifactorial determinación de proporciones para esterificación

Variable de respuesta concentración de ácido ascórbico.




Variable de respuesta resistencia



Resultados de la concentración de ácido ascórbico y la resistencia de las cápsulas de vitamina C a diferentes proporciones de alginato de sodio y cloruro de calcio.


Solvente	Temperatura	Tiempo	Alginato	Cloruro	[VC]	Resistencia
S1	25	30	0,5	0,3	75,721	148
S1	25	30	0,5	0,6	78,707	188
S1	25	30	0,5	0,9	86,598	8
S1	25	30	0,5	0,3	75,844	160
S1	25	30	0,5	0,6	78,415	140
S1	25	30	0,5	0,9	86,36	14
S1	25	30	1	0,3	82,618	328
S1	25	30	1	0,6	81,032	240
S1	25	30	1	0,9	83,796	688
S1	25	30	1	0,3	82,618	449
S1	25	30	1	0,6	80,932	268
S1	25	30	1	0,9	83,457	488
S1	25	30	1,5	0,3	87,83	399
S1	25	30	1,5	0,6	88,338	569
S1	25	30	1,5	0,9	85,782	581
S1	25	30	1,5	0,3	87,453	453
S1	25	30	1,5	0,6	88,222	783
S1	25	30	1,5	0,9	85,713	898

Anexo F. Análisis sensorial del producto final.

	CENTRO DE INVESTIGACIONES LABORATORIO ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS	Código: F-01-0003
		Versión: 08

Fecha: 12/04/2024	Solicitud No: 1501
INFORMACIÓN DEL CLIENTE	
Empresa o institución solicitante:	
Representante legal: Jaidy Maritza Rosero M.	NIT: 36752213-1
Nombre del solicitante: Jaidy Maritza Rosero M.	
Correo electrónico: mari1278.m@gmail.com	
Dirección:	
Servicio solicitado: (1) Perfil sensorial por aproximación multidimensional en muestra de cápsula de vitamina C	

<p>OBJETIVO: Perfil sensorial por aproximación multidimensional: Método para identificar y seleccionar escriptores para diseñar el perfil sensorial de un producto. Inicialmente se definen los descriptores que caracterizan el producto y posteriormente se cuantifica el descriptor de acuerdo a la intensidad. Puede ser usado para comparar un producto con aquellos del mismo tipo existentes en el mercado y es posible expresar la naturaleza de las diferencias en términos de la percepción sensorial.</p>
<p>ALCANCE: Se realiza estudio sensorial mediante la prueba perfil sensorial por aproximación multidimensional, elaboración y entrega de informe técnico.</p>
<p>METODOLOGÍA DE ENSAYO ACORDADO SEGÚN NTC: Los Análisis se realizarán de acuerdo a la metodología señalada por las Normas Técnicas Colombianas para el análisis sensorial NTC 3932.</p>
<p>CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA</p> <p>El laboratorio está diseñado según la GTC 226, para realizar los ensayos sensoriales con condiciones ambientales controladas, en cuanto a: Temperatura, humedad relativa, iluminación y construcción que minimiza el ruido.</p> <p>Equipos de Ensayo: Los equipos empleados son sometidos a control periódico y están adscritos a un programa de mantenimiento preventivo y calibración.</p> <p>Personal: El personal encargado de la prestación del servicio posee las competencias necesarias tanto en experiencia como en formación, el personal administrativo son los encargados de realizar la gestión técnica administrativa necesaria para la realización de los estudios. La realización de los ensayos está a cargo de 10 jueces con entrenamiento entre 10 y 19 años de formación, bajo la dirección del líder de panel. Todo el personal está comprometido con el sistema de Gestión de calidad y la mejora continua de los procesos del Laboratorio, orientados por la política de calidad, confidencialidad, imparcialidad.</p>

	CENTRO DE INVESTIGACIONES LABORATORIO ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS	Código: F-01-0003
		Versión: 08

Certificación/acreditación

El laboratorio de Análisis Sensorial SENA (Sede Popayán), actualmente tiene implementado el Sistema de Gestión de Calidad según la NTC 17025: 2005 para solicitar Acreditación de las pruebas discriminativas: Prueba Comparación por pares, Dúo trio, triangular y pruebas descriptivas perfil de sabor y textura ante el Organismo competente

Resultados pruebas de perfil sensorial

Se tuvo en cuenta criterios de valoración para las muestras de cápsulas de vitamina c, estas puntuaciones se encuentran a continuación.


Escala	Puntuación
Ausencia	0
Casi imprescindible	1
Ligera	2
Media	3
Alta	4
Extrema	5

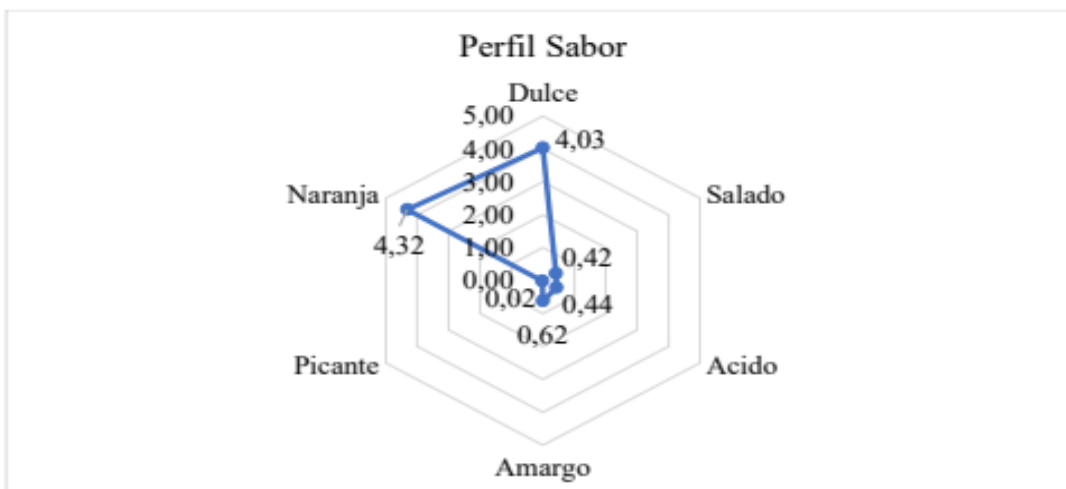
SABOR

Se muestran los resultados sensoriales de las muestras totales de cápsulas de vitamina c, se considera el sabor predominante en las muestras, teniendo en cuenta patrones como los que se nombran a continuación: Sensación inicial, sensación boca y sensación residual. Estos resultados se pueden apreciar a continuación.

Sabor	Total de Muestras
Dulce	4,03
Salado	0,42
Acido	0,44
Amargo	0,62
Picante	0,02
Naranja	4,32

A continuación, se presenta la gráfica del perfil sensorial de sabor de las muestras de cápsulas de vitamina c.

	CENTRO DE INVESTIGACIONES LABORATORIO ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS	Código: F-01-0003
		Versión: 08




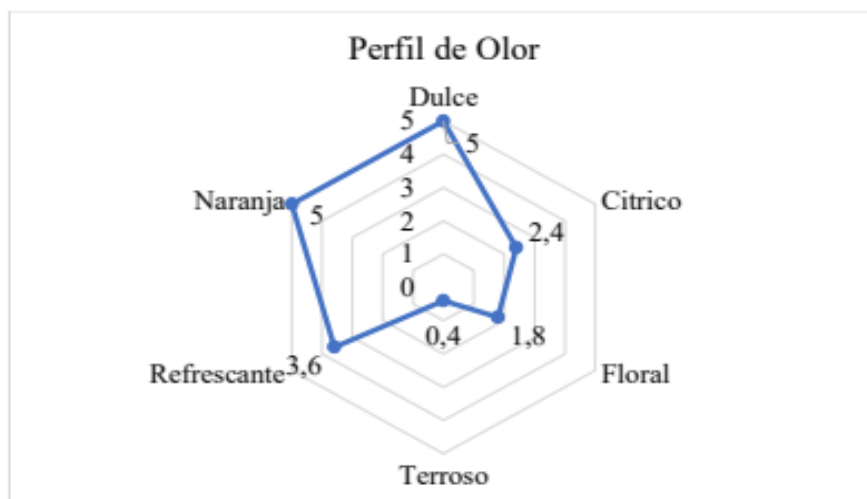
OLOR

Se presentan los resultados sensoriales de las muestras totales de cápsulas de vitamina c, se considera el olor predominante en las muestras. Estos resultados se pueden apreciar a continuación.

Olor	Total de Muestras
Dulce	5
Cítrico	2,4
Floral	1,8
Terroso	0,4
Refrescante	3,6
Naranja	5

A continuación, se presenta la gráfica del perfil sensorial de olor de las muestras de cápsulas de vitamina c.

	CENTRO DE INVESTIGACIONES LABORATORIO ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS	Código: F-01-0003
		Versión: 08




TEXTURA

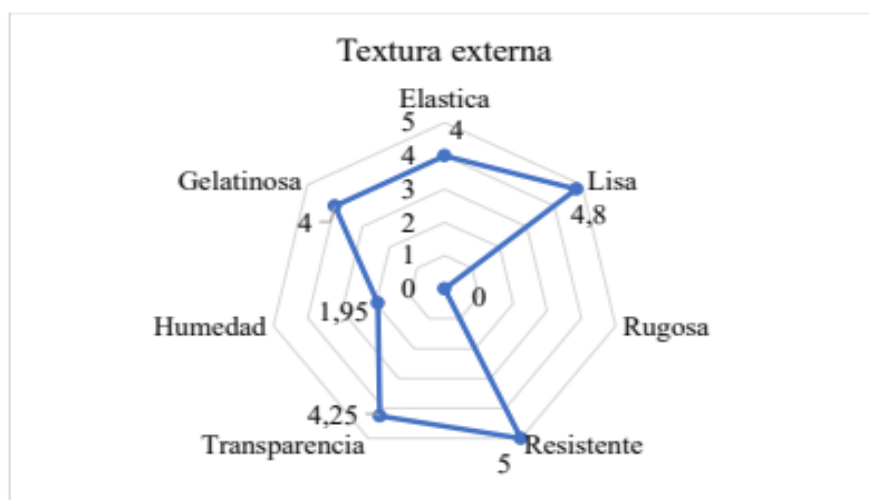
Se presentan los resultados sensoriales de las muestras totales de cápsulas de vitamina c, se considera la textura externa e interna donde se evidencia las texturas predominantes en las muestras. Estos resultados se pueden apreciar a continuación.

Textura externa:

Textura	Total de Muestras
Elástica	4
Lisa	4,8
Rugosa	0
EXTERNA Resistente	5
Transparente	4,25
Humedad	1,95
Gelatinosa	4

A continuación, se presenta la gráfica del perfil sensorial de textura externa de las muestras de cápsulas de vitamina c.


	CENTRO DE INVESTIGACIONES LABORATORIO ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS	Código: F-01-0003
		Versión: 08

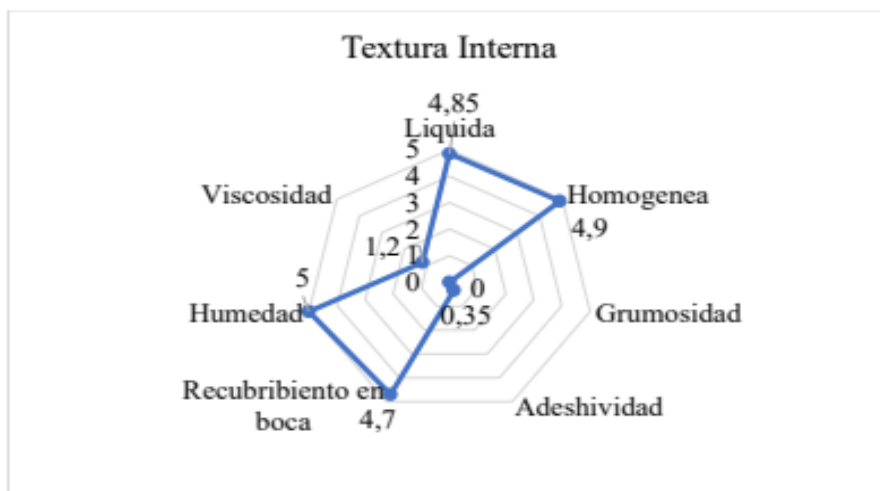


Textura interna:

Textura	Total de Muestras
Liquida	4,85
Homogénea	4,9
Grumosidad	0
INTERNA Adhesividad	0,35
Recubrimiento en boca	4,7
Humedad	5
Viscosidad	1,2

A continuación, se presenta la gráfica del perfil sensorial de textura interna de las muestras de cápsulas de vitamina c.

	CENTRO DE INVESTIGACIONES LABORATORIO ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS	Código: F-01-0003
		Versión: 08



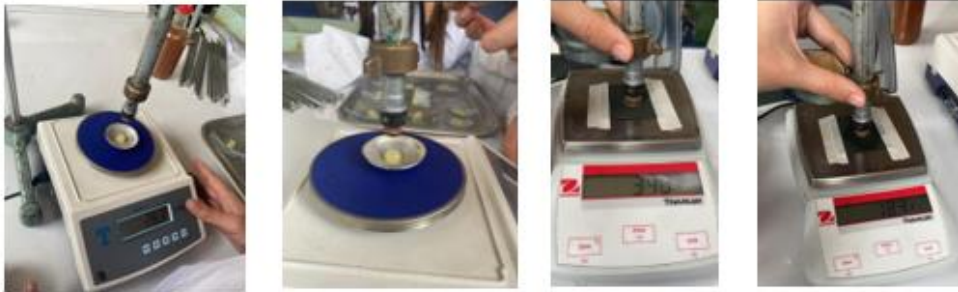
Anexo G. Evidencias fotográficas



Obtención de cápsulas de vitamina C a partir de la cáscara de naranja



Obtención de cápsulas de vitamina C a partir de la cáscara de naranja



Anexo H. Divulgación del proyecto

Carta de aceptación del IV Encuentro Internacional de Experiencias Significativas En



Cartagena D. T y C., 01 de octubre de 2023

Nathalia Vanesa Belarcazar Caicedo
Gabriela Alejandra Díaz Jimenez
Nathalia Ortega Rosero
Investigadores
Universidad Mariana
Ciudad

ASUNTO: Modalidad de Participación en el IV Encuentro Internacional de Experiencias Significativas en Procesos Industriales (EESPI 2023)

Estimados Investigadores,

La Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, en coherencia con su misión y propósitos institucionales, comprometida con la calidad educativa y respondiendo a la formación integral de sus educandos a través de los Programas del Ciclo de Ingeniería de Procesos, tiene el gusto de anunciarle su participación en el **IV ENCUENTRO INTERNACIONAL DE EXPERIENCIAS SIGNIFICATIVAS EN PROCESOS INDUSTRIALES y II ENCUENTRO NACIONAL DE INGENIERÍA DE PROCESOS**, el cual, se llevará a cabo los días 2 y 3 de **Noviembre de 2023**. Este espacio se concibe como estrategia de intercambio de saberes y experiencias y constitución de redes de conocimiento colectivo entre la Academia y la Empresa. Su contribución que lleva por título: *Obtención de cápsulas de vitamina C a partir de la cáscara de naranja producida en el corregimiento Genoy kilómetro 4,6 – San Juan de Pasto.*, será divulgada en la modalidad de "Conferencia Complementaria", bajo el Código C20. Tendrán disponible 15 min para la presentación y 5 minutos para preguntas.

El evento contará con destacados conferencistas internacionales y nacionales, especialistas en los diferentes ejes temáticos, en donde el público objetivo son estudiantes de los Programas: Tecnología en Operación de plantas industriales, Tecnología en Instrumentación Industrial, Ingeniería de Procesos, Ingeniería Química, trabajadores del sector industrial, docentes, empresarios e interesados en los avances y tendencias de la industria de procesos.

Esperamos contar con su participación,

Henry A. Lamba Miranda, Ing. M.Sc.(c)
Chairman EESPI 2023

Luis Eduardo Chavarriga, Ing.
Director. Programas de Ciclo de Ing. de Procesos

IV ENCUENTRO INTERNACIONAL DE EXPERIENCIAS SIGNIFICATIVAS EN PROCESOS INDUSTRIALES
(EESPI2023)

Sitio web: <https://tecnologicocomfenalco.edu.co/congreso-nacional-de-ingenieria-de-procesos/>

email: alianza@tecnologicocomfenalco.edu.co

Contacto

Sede A, Barrio España, Cra. 44D No. 30A - 91.
☎ PBX: (5) 672 3700 | ✉ E-mail: atencion@tecnologicocomfenalco.edu.co
Cartagena, Colombia

www.tecnologicocomfenalco.edu.co

Anexo I Evidencias Fotográficas

Procesos Industriales (EESPI 2023)

**Participación del IV Encuentro Internacional de Experiencias Significativas En
Procesos Industriales (EESPI 2023)**



**Participación del II Encuentro Internacional de Semilleros de Investigación
"Transformando realidades de los nuevos tiempos"**



**Participación del XX Encuentro Institucional de Semilleros de Investigación y V
Encuentro Internacional de formación para la investigación.**

