

**EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE LOS FITONUTRIENTES DE LA
CÁSCARA DE CEBOLLA DE BULBO (*Allium cepa L.*)**

YUDY TATIANA JIMENÉZ BARRANTES

STEFANY MOSQUERA MONROY

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

DIRECTOR

OSCAR LIBARDO LOMBANA CHARFUELAN

INGENIERO QUÍMICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director

Firma del presidente jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C, Febrero 2023

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dr. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario general

Dr. JOSE LUIS MACIAS RODRIGUEZ

Decana de Facultad Ingenierías

Ing. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO

Director Programa de Ingeniería Química Ing.

NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan su agradecimiento a:

Oscar Libardo Lombana, Ingeniero Químico y director de trabajo de grado, por sus aportes, orientación y conocimiento a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A la Universidad de América por acogernos durante toda nuestra carrera y permitir nuestra formación como Ingenieras Químicas.

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mi madre Edelmira Barrantes Garavito y a mi maestro John Mauricio Flechas Hernández, quienes jamás han dejado de creer en mis capacidades y me han demostrado la fe que tienen en mí. Y al amor de mi vida, Bagheera.

Agradezco a mi familia por su atención y preocupación en los momentos de tensión.

A Diego Melo, Nathali Ramírez, Santiago Velandia y Stefanny León, mis amigos de la infancia que han estado a lo largo de mi vida escuchándome, soportándome y mejorando mi ánimo con sus dosis de comprensión.

A mis amigos de la universidad Mikhael Pérez y Jonathan Sánchez por brindarme su apoyo, despejar dudas y alumbrar el camino en situaciones de estrés y desesperación con su alegría, ocurrencias y sabiduría.

A Drian Aldana y Alejandra Grijalba por su apoyo, amistad y consejo en ésta época.

Agradezco a mi compañera de trabajo de grado Stefany Mosquera, y a toda su familia, que se preocuparon por mí y por nuestro trabajo como si fuera el de ellos.

Todos ellos son la razón por la que hoy me encuentro donde estoy.

Yudy Tatiana Jiménez Barrantes

DEDICATORIA

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la salud, sabiduría y paciencia para poder culminar mi carrera como ingeniera química. A mi mamá, Sonia Monroy, por estar siempre dispuesta a escucharme y apoyarme en los momentos más difíciles, por ser mi ejemplo a seguir, por ser la mejor mamá. A mi tía, madrina y segunda madre Nancy Monroy, por estar siempre presente de manera desinteresada e incondicional, en todos los ámbitos en los cuales necesité apoyo y, por último, pero no menos importante a mi hermano Mauricio Mosquera y mi primo John Suarez por estar conmigo en las buenas y en las malas, colaborándome siempre en lo que yo necesitara.

Por último, a mi compañera de tesis y amiga incondicional Yudy Jiménez, por compartir esta experiencia del desarrollo de nuestro proyecto de grado, por darme ánimo cuando se nos presentaba un obstáculo, por el conocimiento y paciencia de explicarme cuando no entendía algo.

Gracias a ustedes me he convertido en la persona que hoy soy.

Stefany Mosquera Monroy

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	15
1. PROPIEDADES FITOQUIMICAS DE LA MATERIA PRIMAS	18
1.1. Clasificación taxonómica de la cebolla <i>Allium cepa</i>	18
<i>1.1.1. Clasificación de las cebollas Allium Cepa por multiplicación</i>	<i>21</i>
<i>1.1.2. Clasificación de Allium cepa var cepa por tonalidades</i>	<i>23</i>
1.2. Fisionomía y composición química de la cebolla Allium cepa	23
<i>1.2.1. Parámetros Físicos</i>	<i>26</i>
<i>1.2.2. Parámetros químicos</i>	<i>28</i>
<i>1.2.3. Valor Nutricional</i>	<i>29</i>
1.3. Características fitoquímicas de la cebolla Allium Cepa	31
<i>1.3.1. Definición y clasificación estructural de los compuestos fenólicos</i>	<i>32</i>
<i>1.3.2. Quercetina</i>	<i>34</i>
2. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	37
2.1. Métodos de extracción convencionales	37
<i>2.1.1. Extracción por soxhlet</i>	<i>37</i>
<i>2.1.2. Extracción por maceración</i>	<i>39</i>
<i>2.1.3. Extracción por percolación</i>	<i>40</i>
<i>2.1.4. Extracción por centrifugación</i>	<i>40</i>
2.2. Métodos de extracción no convencionales	40
<i>2.2.1. Extracción por ultrasonido</i>	<i>41</i>
<i>2.2.2. Extracción por microondas</i>	<i>41</i>
<i>2.2.3. Extracción de líquidos a presión</i>	<i>42</i>
<i>2.2.4. Extracción asistida por enzimas</i>	<i>42</i>
2.3. Comparación y selección de los métodos de extracción	43
<i>2.3.1. Factores evaluados para la selección del método de extracción</i>	<i>43</i>
<i>2.3.2. Factores selección del solvente</i>	<i>45</i>
2.4. Matrices de decisión	46

2.4.1.	<i>Matriz de decisión de solventes</i>	46
2.4.2.	<i>Matriz de decisión de técnica convencionales</i>	48
2.4.3.	<i>Matriz de decisión de técnicas no convencionales</i>	49
3.	MÉTODOS DE IDENTIFICIACIÓN	52
3.1.	Método de tricloruro de aluminio	52
3.2.	Método de cromatografía en capa fina (CCF)	52
3.3.	Prueba Shinoda	52
3.4.	Prueba Rosenheim	53
3.5.	Prueba <i>H2SO4</i>	53
4.	MÉTODOS DE CUANTIFICACIÓN	54
4.1.	Espectrofotometría UV-Visible	54
4.2.	Cromatografía HPLC	54
5.	CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA	56
5.1.	Recolección de la materia prima	56
5.2.	Clasificación de la materia prima recolectada	57
5.3.	Separación de materia prima	58
5.4.	Selección de la materia prima	60
5.5.	Limpieza de la materia prima	60
6.	METODOLOGÍA	61
6.1.	Secado de la materia prima	61
6.2.	Disminución tamaño de partícula de la materia prima	61
6.3.	Proceso de extracción soxhlet de flavonoides	62
6.4.	Proceso de extracción ultrasonido de flavonoides	64
6.5.	Proceso de secado del extracto vegetal recuperado.	64
6.6.	Identificación de presencia de flavonoides	66
6.7.	Diseño de la curva de calibración de flavonoides	67
6.8.	Cuantificación de flavonoides por concentración	68
7.	RESULTADOS	69
7.1.	Humedad relativa	69
7.2.	Construcción de la curva de calibración a partir del patrón de quercetina	69
7.2.1.	<i>Contenido cápsula suplemento dietario quercetina</i>	69
7.2.2.	<i>Relación composición quercetina – excipientes en las cápsulas de suplemento dietario</i>	71

7.2.3. <i>Cálculo de concentración de quercetina según los volúmenes implementados para la elaboración de la curva de calibración</i>	72
7.3. Absorbancia de curva de calibración	73
7.4. Comparación y cuantificación de flavonoides.	74
7.5. Rendimiento	77
7.6. Eficiencia de los métodos	79
8. ANÁLISIS	83
9. DISEÑO CONCEPTUAL	87
9.1. Producción de cebolla anual en el municipio de Cundinamarca	87
9.2. Clasificación de material vegetal encontrado en una canastilla de cebollas de bulbo	87
9.3. Características fisicoquímicas de los compuestos a utilizar en el proceso de extracción	88
9.4. Diagrama de bloques	89
9.4.1. <i>Composición corriente salida extractor</i>	91
9.4.2. <i>Balance de masa global</i>	91
9.4.3. <i>Balance de materia expresado por corrientes del proceso</i>	100
9.4.4. <i>Selección de equipos</i>	102
10. ANÁLISIS DE COSTO DE PROCESO	114
10.1. Estimación de costos de proceso	114
10.2. Costos energéticos	115
11. IMPLEMENTACIÓN DE FLAVONOIDEOS EN LA INDUSTRIA	120
11.1. Actividad cancerígena	120
11.2. Actividad microbiana	120
12. CONCLUSIONES	122
BIBLIOGRAFÍA	124
ANEXOS	132

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Germinación y crecimiento de la cebolla.	19
Figura 2. Formas de bulbos.	20
Figura 3. Partes de la cebolla cabezona.	25
Figura 4. Clasificación de compuestos fitoquímicos.	32
Figura 5. Clasificación estructural de los compuestos fenólicos.	34
Figura 6. Estructura química de la quercetina.	36
Figura 7. Extractor soxhlet.	38
Figura 8. Partes del extractor soxhlet.	39
Figura 9. Cascaras de cebollas.	57
Figura 10. Clasificación de la materia prima.	58
Figura 11. Cáscara contaminada.	59
Figura 12. Cáscaras seleccionadas.	59
Figura 13. Cáscaras en condiciones óptimas.	60
Figura 14. Proceso de secado.	61
Figura 15. Molienda.	62
Figura 16. Extracción soxhlet.	63
Figura 17. Extracción por ultrasonido.	64
Figura 18. Secado del extracto vegetal.	65
Figura 19. Extracto vegetal.	66
Figura 20. Prueba shinoda.	67
Figura 21. Suplemento dietario.	70
Figura 22. Capsulas.	70
Figura 23. Curva de calibración.	74
Figura 24. Concentración de flavonoides.	77
Figura 25. Comparación de tiempo, extracto vegetal y método de extracción.	80
Figura 26. Material vegetal, extracto vegetal y método de extracción	81
Figura 27. Diagrama de bloques del proceso de extracción.	90
Figura 28. Balance de masa global.	91
Figura 29. Balance de operación de secado.	92
Figura 30. Balance de operación de separación de sólidos.	93
Figura 31. Balance de operación de molienda.	94
Figura 32. Balance de operación de tamizado.	95
Figura 33. Balance de operación de extracción.	95
Figura 34. Balance de operación de filtración.	96
Figura 35. Balance de operación de evaporación.	97
Figura 36. Balance de operación de evaporación.	98
Figura 37. Balance de operación de condensación.	99
Figura 38. Balance de operación de condensación.	99

Figura 39. Horno deshidratador de frutas.	102
Figura 40. Vsm 450 l/y	104
Figura 41. Grs 600 – 800 - 900.	105
Figura 42. Molino pulverizador ref. 10134 imaca.	106
Figura 43. Uip4000hdt – ultrasonido de alto rendimiento de 4kw.	108
Figura 44. Beco-compact plate a400 sf/asf.	110
Figura 45. Modelo wev-1050 rotaevaporador de 50 l.	112
Figura 46. Diagrama de gantt.	117
Figura 47. Visualización de lote.	117

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica de la cebolla allium cepa.	18
Tabla 2. Clasificación de cebollas allium cepa por multiplicación.	22
Tabla 3. Clasificación de allium cepa var cepa por tonalidades.	23
Tabla 4. Variedad de colores reflejados.	27
Tabla 5. Contenido nutricional de la cebolla allium cepa.	30
Tabla 6. Matriz de decisión de solventes.	47
Tabla 7. Matriz de decisión de técnicas convencionales.	48
Tabla 8. Matriz de decisión de técnicas no convencionales.	50
Tabla 9. Contenido de cápsulas.	71
Tabla 10. Composición de quercetina- excipientes en las cápsulas.	72
Tabla 11. Concentración vs volumen.	73
Tabla 12. Concentración vs absorbancia.	73
Tabla 13. Cuantificación de extractos soxhlet	75
Tabla 14. Cuantificación de extractos ultrasonido.	76
Tabla 15. Rendimiento soxhlet.	78
Tabla 16. Rendimiento ultrasonido.	78
Tabla 17. Comparación de variables.	79
Tabla 18. Estimaciones lineales en porcentajes tiempo/extracto.	81
Tabla 19. Estimaciones lineales en porcentajes cáscaras/extracto.	82
Tabla 20. Producción anual de cebolla en cundinamarca.	87
Tabla 21. Clasificación de material vegetal en una canastilla de cebollas de bulbo.	88
Tabla 22. Propiedades fisicoquímicas de las materias primas.	89
Tabla 23. Corriente 10.	91
Tabla 24. Balance de materia por corrientes del proceso	101
Tabla 25. Ficha técnica horno deshidratador.	103
Tabla 26. Ficha técnica vsm 450 l/y	104
Tabla 27. Ficha técnica grs 600 – 800 - 900.	105
Tabla 28. Ficha técnica molino pulverizador ref. 10134 imaca.	106
Tabla 29. Ficha técnica 30. Uip4000hdt – ultrasonido de alto rendimiento de 4kw.	109
Tabla 30. Beco-compact plate a400 sf/asf.	111
Tabla 31. Ficha técnica modelo wev-1050 rotaevaporador de 50 l.	113
Tabla 32. Precio de los equipos en pesos colombianos.	115
Tabla 33. Costo de kwh.	116
Tabla 34. Costo energético por equipo.	118

RESUMEN

El objetivo de este proyecto de grado es evaluar la extracción de flavonoides a partir de la cáscara de cebolla *Allium cepa*, comparando técnicas de extracción convencionales y no convencionales, con el fin de seleccionar un método de extracción que presente condiciones adecuadas para obtener un mayor rendimiento de flavonoides y realizar su respectivo diseño conceptual. Para llevar a cabo el objetivo general, se recopiló información bibliográfica sobre las propiedades fitoquímicas de la cebolla *Allium cepa*, sus variedades, además de la estructura de los polifenoles principalmente del flavonoide quercetina y su aplicación industrial. También fue necesario recopilar datos sobre características fisicoquímicas, para así poder establecer los parámetros de selección de materia prima para la extracción. Las técnicas de extracción convencionales y no convencionales se evaluaron mediante la matriz de decisión basada en la metodología de Pugh.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, se selecciona 1 técnica convencional (extracción soxhlet) y 1 técnica no convencional (extracción por ultrasonido), con el fin de ser comparadas experimentalmente, dando como resultado del mejor método para la extracción de flavonoides es por ultrasonido, debido a que tiene un rendimiento y una eficiencia optima; por la cual, se realiza el diseño conceptual para generar una alternativa a nivel industrial de la obtención del flavonoide quercetina.

Palabras clave: Flavonoides, técnicas, extracción, soxhlet, ultrasonido, diseño conceptual, propiedades fitoquímicas.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) ha sido utilizada en el ámbito gastronómico colombiano principalmente, puesto que a lo largo de los años se ha posicionado como una de las hortalizas más consumidas en el mundo. En Colombia se encuentra en segundo lugar después del tomate debido a sus propiedades como guisante, saborizante y terapéutica.

La sociedad a lo largo de los años ha generado diversas aplicaciones caseras utilizando productos alimenticios. Diversas culturas han desarrollado el conocimiento empírico a través del uso de la cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.), entre una de esas aplicaciones ha sido como tratamiento fortalecedor externo para el crecimiento de los folículos capilares y de la estructura del cabello debido a su alto contenido de fitonutrientes principalmente los flavonoides quercetina. Otras aplicaciones comunes de los fitoquímicos se pueden encontrar como fungicida en cultivos o, como brebajes para enfermedades.

Se reportó en el año 2017 producción de cebolla en Colombia en 11 departamentos y 106 municipios, el área total cosechada fue de 12.695 ha, con un volumen de producción de 287.959 toneladas y un rendimiento promedio de 22.68 t/ha. La tasa de crecimiento promedio anual fue 1,3 % en relación con el área y de 1,5 % para la producción. [1]

La producción de desperdicios de cebolla es proporcional al incremento de la producción de la misma en los últimos años con la creciente demanda de estos bulbos. Los restos incluyen la piel o cáscara seca, las capas más externas, las raíces y los tallos, así como aquellas cebollas que no alcanzaron el tamaño comercializable o que han sufrido daños mecánicos durante la cosecha.[2]

La cebolla, como el resto de los alimentos de origen vegetal y otros alimentos del género *Allium* posee numerosos componentes bioactivos que parecen tener un importante papel en la salud; como lo son los flavonoides, principalmente quercetina y canferol (kaempferol), son antioxidantes naturales de las plantas. La quercetina es el flavonoide más abundante de la cebolla, son una de las principales fuentes de este fitoquímico. [3][4]

El presente trabajo de grado tiene como objetivo evaluar la extracción de flavonoides A partir de la cascara de cebolla *Allium cepa*, donde se busca identificar la viabilidad técnica de extraer las propiedades fitoquímicas, principalmente los flavonoides quercetina y así mismo realizar un diseño básico conceptual que podría ser utilizado como una posible alternativa para la industria de extracción de flavonoides.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar un proceso para la extracción de compuestos fitoquímicos de la cáscara de cebolla bulbo.

Objetivos Específicos

Identificar los compuestos fitoquímicos de la cebolla de bulbo.

Definir los diferentes métodos de extracción de los flavonoides.

Validar el método de extracción definido de manera experimental.

Realizar el diseño conceptual de la extracción de flavonoides partiendo de la cáscara de la cebolla.

1. PROPIEDADES FITOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMAS

1.1. Clasificación taxonómica de la cebolla *Allium cepa*

Para tener conocimiento de las propiedades fitoquímicas de la cebolla *Allium cepa* debemos basarnos principalmente en la clasificación taxonómica de la misma, puesto que dependiendo de esta clasificación se puede identificar adecuadamente en donde se encuentran los compuestos a extraer.

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de la cebolla *Allium cepa*.

REINO	<i>Plantae</i>
SUBREINO	<i>Viridiplantae</i>
DIVISIÓN	<i>Tracheophyta</i>
SUBDIVISIÓN	<i>Spermatophytina</i>
CLASE	<i>Magnoliopsida</i>
SUBCLASE	<i>Liliana</i>
ORDEN	<i>Asparagales</i>
SUBORDEN	<i>Amaryllidaceade</i>
FAMILIA	<i>Allium</i>
GÉNERO	<i>Cepa</i>
ESPECIE	<i>Allium cepa</i>

Nota. La tabla 1 permite agrupar la especie de la cebolla *Allium cepa* con la finalidad de facilitar el estudio y la organización de la información acerca de las características de la hortaliza. Tomado de: I. T. I. S. (ITIS), “*Allium Cepa* Var. *Cepa* L.,” 2022, [Online]. Disponible: <https://www.itis.gov/citation.html> [5] y F. & fauna Web, “*Allium cepa* L.” 2022, [Online]. Disponible: <https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/5/9/593> [6]

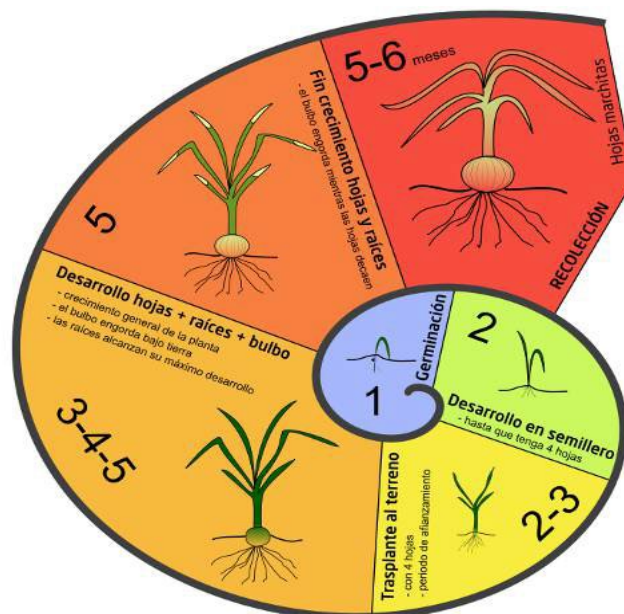
La clasificación presentada anteriormente nos permite segmentar el tipo de crecimiento, formación, reproducción, entre otras características que se presentan singularmente en las cebollas

de bulbo. A continuación, se evidencian las partes que constituyen generalmente a la formación de la planta de la cebolla de bulbo:

Planta: su ciclo de crecimiento está estandarizado en un tiempo de éxito de la maduración completa tarda de 5-6 meses; posee un tallo reducido, siendo identificado como una base achatada, que da lugar, en la parte inferior del bulbo, a numerosas raíces y encima a hojas.

Figura 1.

Germinación y crecimiento de la cebolla.



Nota. La figura 1 muestra el ciclo de germinación y crecimiento de la cebolla **Tomado de:** Mundo huerto, “Tiempo de germinación y crecimiento de la cebolla,” 2023.

<https://www.mundohuerto.com/cultivos/cebolla/tiempo-crecimiento-cebolla> [7]

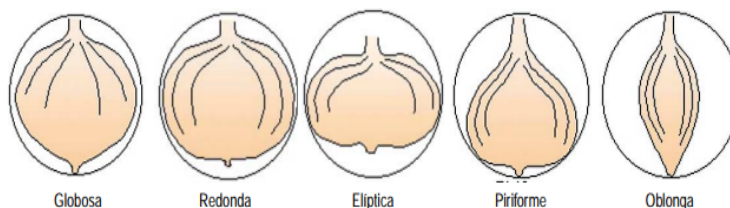
Bulbo: Se constituyen varias capas que incrementan su grosor a medida que se llega al centro del mismo. Estas capas funcionan como reservas de nutrientes necesarios representativos de la

hortaliza, las cuales están cubiertas de membranas transparentes y delgadas las cuales fortalecen la base de las hojas.

Se pueden encontrar diferentes formas de bulbos como se visualiza en la **figura 2**.

Figura 2.

Formas de bulbos



Nota. La figura 2 muestra las diferentes formas de los bulbos. **Tomado de:** D. general de tecnología Agraria, “Parámetros que caracterizan a la cebolla (I),” *Inf. técnicas*, vol. 110, p. 16, 2012, [Online]. Disponible: https://bibliotecavirtual.aragon.es/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=3705271 [8]

Cáscara: También llamada catáfilas membranosas, son la formación de capa externa que generan las cebollas; con el fin de proteger la integridad del fruto o bulbo. Esta capa se encuentra expuesta al ambiente por lo que interactúa con la luz y absorbe diferentes longitudes de onda formando pigmentos como son los flavonoides. [9]

Sistema radicular: Según C. H. L. Calero [10] menciona que éste sistema “es fasciculado, corto y poco ramificado; siendo las raíces blancas, espesas y simples”.

Tallo: El tallo se caracteriza por ser un cilindro hueco, erecto, creciente que puede llegar a tener de 80 a 150 cm de altitud el cual es sostenido por el bulbo que se encuentra popularmente bajo el suelo.

Hojas: Alargadas y puntiagudas en su parte libre las cuales crecen desde el centro del bulbo hasta formar un cilindro.

Flores: Generalmente hermafroditas, de tonalidades claras verdosas, de diminuto tamaño las cuales se proliferan en grupos.


Fruto: Se identifica como una cápsula de tonalidad opaca la cual contiene semillas de color oscuro delgadas de superficie rugosa.[10]

1.1.1. Clasificación de las cebollas *Allium Cepa* por multiplicación

Teniendo en cuenta que existen diferentes tipos de cebolla de bulbo como son las *Solanium*, *Viviparum*, *Multiplicans*, *proliferum*, *Cepa*, *Aggregatum*; las cuales se diferencian por su sistema de reproducción como las que se presentan a continuación.

Tabla 2.

Clasificación de cebollas *Allium cepa* por multiplicación.

<p><i>Allium cepa</i> var. <i>cepa</i> L.</p> 	<p>Esta se reproduce sexualmente; sin embargo, en condiciones y situaciones específicas puede reproducirse de manera vegetativa.</p> <p>El tallo de las cebollas cabezonas se encuentra en la parte inferior del bulbo, el cual se identifica por ser corto y discoidal.</p> <p>Las hojas crecen de forma alterna, entrelazándose; poseen una capa de cera en la superficie para evitar la proliferación de plagas como sistema inmune natural. [11]</p>
<p><i>Allium cepa</i> var. <i>aggregatum</i></p> 	<p>Esta especie tiene como principal característica su tipo de propagación, la cual es vegetativa; El bulbo está diseñado en forma de cápsula la cual contiene en su estado de madurez entre 200 a 250 semillas de color opaco las cuales permiten la reproducción de la hortaliza.</p> <p>Presenta una raíz corta y discoidal como la <i>Allium cepa</i> Var <i>cepa</i>. y hojas envainadas que crecen en el centro del bulbo y se van extendiendo a medida que crecen más hojas.[12]</p>

Nota. El cuadro nos brinda la información de la forma de reproducción de la cebolla *Allium cepa* de manera organizada y concisa. **Tomado de:** F. H. Muñoz, “La cebolla y sus afines en Colombia,” *Agrosavia*, p. 13, 2012, [Online]. Disponible: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/20904/22678_3622.pdf?sequence=1&isAllowed=y [13]

1.1.2. Clasificación de *Allium cepa* var *cepa* por tonalidades

La cebolla *Allium cepa* se caracteriza por ser una cebolla de bulbo de tonalidad blanca; sin embargo, existen varios tipos cebolla blancas que son de la misma especie; pero, poseen diferencias físicas. Las cuales se mencionan a continuación en la **Tabla 3**.

Tabla 3.

Clasificación de *Allium cepa* var *cepa* por tonalidades.

Cebolla de bulbo Blanca	Es la más conocida de todas las variedades existentes; cual posee un bulbo redondo con una terminación puntiaguda distintiva con un sabor más dulce en comparación con las cebollas de otras tonalidades
Cebolla de bulbo Amarilla	Aunque también se comercializa con frecuencia se distingue por tener un bulbo redondo sin terminaciones o deformaciones significativas. Su sabor es más ácido en comparación a la cebolla de bulbo blanca.
Cebolla de bulbo Morada	Su coloración es lo que la hace distintiva pues su morfología es similar a la cebolla de bulbo blanca, Tiene el sabor más picante de esta clasificación y mayor aporte de antioxidantes.

Nota. Se presentan las diversas variedades tonalidades de la cebolla *Allium cepa* var *cepa*. **Tomado de:** P. agrícola Chileno, “El cultivo de la cebolla,” *ABC Agro.com*, 2012. [Online]. Disponible: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/20904/22678_3622.pdf?sequence=1&isAllowed=y[14]

1.2. Fisionomía y composición química de la cebolla *Allium cepa*

El bulbo de la cebolla cabezona está conformado por las siguientes partes, las cuales nos sirven para identificar en qué estado de maduración se encuentra la cebolla:

Túnicas: También llamadas catáfilas se identifican por ser hojas que recubren la parte comestible; en este caso el bulbo.

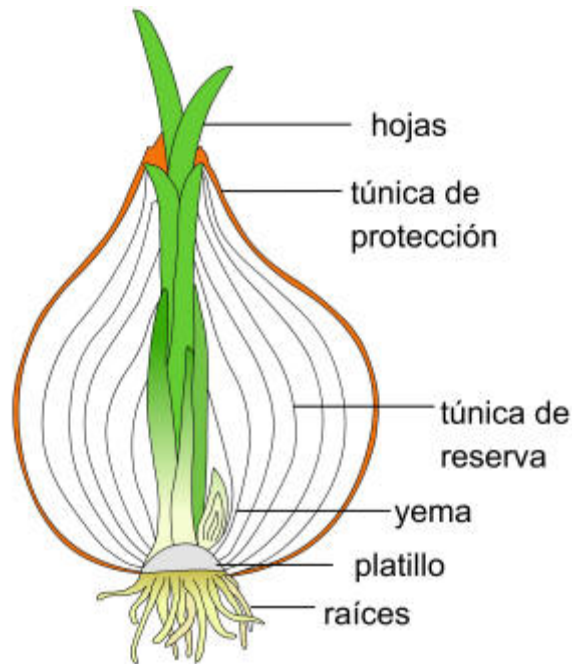
Láminas: Entre catáfilas se pueden evidenciar membranas de diminuto grosor las cuales se identifican por ser traslúcidas

Platillo: Se forma en el momento en el que la semilla comienza su proceso de germinación; el cual permite ser la base para el crecimiento concéntrico de las hojas.

Yema: Se desarrolla en la parte inferior del tallo que da origen a la flor, que se desarrolla a lo largo del periodo de crecimiento y puede verse afectado por agentes externos como pesticidas o fertilizantes; fomentando irregularidades en el crecimiento, desarrollo y formación del mismo. Si estos cambios ocurren previo a las primeras etapas de crecimiento, la yema puede verse dividida y desarrollarse con múltiples bulbos.

Figura 3.

Partes de la cebolla cabezona.



Nota. La figura 3 muestra donde se encuentran las partes de la cebolla correspondiente. **Tomado de:** Z. Unizar, *Características de la cebolla y sus productos derivados*. Unizar Zaguan, 2010. [Online]. Disponible: https://zaguan.unizar.es/record/95239/files/T-AZ-TFG-2020-2724_ANE.pdf [15]; G. J. F. Rullán, “Conjunto Tecnológico para la Producción de Cebolla, CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA,” *Estac. Exp. AGRÍCOLA*, no. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez Colegio de Ciencias Agrícolas, p. 10, 2012, [Online]. Disponible: <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/2.-CEBOLLA-CARACTERISTICAS-DE-LA-PLANTA-G.-Fornaris-v2012.pdf> [16]

1.2.1. *Parámetros Físicos*

Estos parámetros están delimitados a la clasificación brindada por estandarizaciones visuales, olfativas, del tacto y gustativas. De esta forma se puede diferenciar los productos que cumplen o no con los parámetros dentro de la muestra analizada. A continuación, se presentan algunos parámetros físicos a analizar:

Tonalidad de la cáscara: Teniendo en cuenta que el tipo de cebolla se encuentra clasificadas por tonalidades, se manejan solo tres colores (blanca, amarilla y morada). Según el artículo desarrollado por W. Wang and C. Li [17], a partir de una longitud de onda base implementada de 633 nm, y teniendo en cuenta los solventes necesarios; se determinó que el índice de refracción de la piel de la cebolla es de 1,34; por tanto, la ecuación del cálculo del índice de refracción a partir de longitudes que se presenta a continuación:

Ecuación 1.

$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

donde n es el índice de refracción, λ_0 la longitud de onda de la luz implementada en el vacío λ la longitud de onda de la cascara de la cebolla de bulbo. Para calcular la longitud de onda de la piel de la cebolla en nm se despeja la ecuación de la siguiente manera.

$$\lambda_{\text{cáscara de cebolla}} = \frac{\lambda_0}{n}$$

$$\lambda_{\text{cáscara de cebolla}} = \frac{633nm}{1.34}$$

$$\lambda_{\text{cáscara de cebolla}} = 472,39nm$$

A partir de una gráfica de longitudes de onda se puede afirmar que la tonalidad de la cáscara de la cebolla se encuentra en la variedad de colores reflejados entre el naranja y el rojo según la **Tabla 4** que se muestra a continuación:

Tabla 4.

Variedad de colores reflejados

λ	Color absorbido	Color reflejado
380 - 420	Violeta	Amarillo – Verde
421 - 440	Azul - Violeta	Amarillo
441 - 470	Azul	Anaranjado
471 - 500	Verde - Azul	Rojo
501 - 520	Verde	Púrpura
521 - 550	Amarillo - Verde	Violeta
551 - 580	Amarillo	Azul - Violeta
581 - 620	Anaranjado	Azul
621 - 680	Rojo	Verde – Azul
681 - 780	Púrpura	Verde

Nota. Se presentan las diferentes longitudes de onda en donde es absorbido la tonalidad de la cascara de cebolla. **Tomado de:** M. MARTÍNEZ and A. OSORIO, “VALIDACIÓN DE UN MÉTODO PARA EL ANÁLISIS DE COLOR REAL EN AGUA,” *Revista de la Facultad de Ciencias, Rev. Fac. Cienc. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*, Bogotá, Colombia, pp. 143–155, Jan. 2018. doi: 10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086. [18]

Firmeza: Se mide en kg/cm² y hace referencia a la dureza que tiene la cebolla, el promedio una cebolla común es de 9,2kg/cm². [19]

Pungencia: Es una clasificación organoléptica, así como el tamaño y la forma del mismo pueden influir en el nivel de picor de la cebolla.

Ojos: Si el picor es intenso produce lágrimas debido al agente lacrimógeno 2-propanotial-S-óxido que se encuentra en la cebolla.

Nariz: Si el picor es intenso produce sensaciones dolorosas y saturación las cuales son provocadas por los ácidos sulfónicos intermedios, produciendo tiosulfatos que caracterizan el olor de la cebolla.

Garganta: Cuando la cebolla ha cumplido con su vida útil y está en la etapa de descomposición los aceites volátiles de la cebolla generan un sabor amargo o rancio en la garganta.[8]

Peso: Es la masa total presente en la cebolla, la cual se puede determinar en una balanza de precisión. El peso por unidad de una cebolla es de aproximadamente 250g. [20]

Calibre: Hace referencia al diámetro y altura de la hortaliza evaluada. La cebolla cuando ha alcanzado por completo su etapa de crecimiento tendría un diámetro dentro del rango de 2,5cm-10cm y su altura dependerá del bulbo, ya que se estima que estas cebollas tienen una forma circular. [11][21]

1.2.2. *Parámetros químicos*

Con el fin de medir la calidad de la cebolla cabezona se hace uso de los siguientes parámetros; la acidez titulable, pH, sólidos solubles, humedad.

Acidez total y pH: A partir de una titulación ácido-base se identifica la acidez de la sustancia utilizada. Por otra parte, el pH es el potencial de hidrógeno perteneciente a una sustancia en específico la cual se denota con un número que si es inferior al 7 se clasifica como ácido; si es 7 se clasifica como neutro, y si es superior se clasifica como álcali. La cebolla cabezona tiene un pH ácido puesto que maneja un rango entre 5-6. [22]

Sólidos solubles: Se define como la cantidad de azúcares presentes en la cebolla dependiendo de la variedad de la misma. La cebolla dulce (*Allium cepa*) de tonalidad blanca, se considera una cebolla blanca con un valor medio de 6, 3° Brix. [8]

Humedad: Es el contenido de agua presente en las cebollas de bulbo enteras, las cáscaras o los residuos, y los subproductos de cebolla o demás partes que componen al bulbo. Se determina a partir de la medición de la masa previa y posteriormente al secado de la muestra a una temperatura entre los 65 - 70 °C a presión atmosférica; hasta alcanzar un peso constante. La humedad

relativa de la cebolla es aproximadamente un 90%. Sin embargo; la cáscara de la misma presenta valores de humedad relativa menores una vez es separada del bulbo alrededor del 60%. [21][23]

1.2.3. *Valor Nutricional*

Para apreciar los aportes nutricionales de un alimento, es necesario identificar la composición química presente en el mismo. En este caso las cebollas son consideradas ricas en contenido de vitaminas y minerales, así como una fuente importante de potasio, calcio, hierro, entre otros. con un considerable aporte de fibra en la dieta diaria.

Por otra parte, las cebollas son ricas en compuestos azufrados, los causantes de su olor particular y flavonoides; como son las antocianinas que se caracterizan por brindar tonalidades violetas, rosadas o marrones a determinadas especies y sus respectivas cáscaras. por otra parte, la quercetina es la fuente principal de antioxidantes presentes en la cubierta exterior de la cebolla de bulbo contribuyendo la inhibición de oxidación de las proteínas presentes en las capas carnosas del bulbo y así mismo de agentes externos.

Tabla 5.Contenido nutricional de la cebolla *Allium cepa*.

Composición nutricional	Por cada 100 g de porción comestible	Por unidad mediana (150 g)
Energía (kcal)	23	35
Proteínas (g)	1,4	2,1
Lípidos totales (g)	0,2	0,3
AG saturados (g)	Tr	Tr
AG monoinsaturados (g)	Tr	Tr
AG poliinsaturados (g)	Tr	Tr
• omega 3 (g)	-	-
• omega 6 (g)	-	-
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	0
Hidratos de Carbono (g)	3,5	5,3
Fibra (g)	1	1,5
Agua (g)	93,9	160
Calcio (mg)	114	171
Hierro (mg)	1,5	2,7
Yodo (µg)	-	-
Magnesio (mg)	-	-
Zinc (mg)	-	-
Sodio (mg)	220	330
Potasio (mg)	392	588
Fósforo (mg)	46	69,0
Selenio (µg)	0,7	1,1
Tiamina (mg)	0,04	0,06

Riboflavina (mg)	0,04	0,06
Equivalentes niacina (mg)	0,4	0,6
Vitamina B6 (mg)	0,1	0,15
Fosfatos (µg)	16	24,0
Vitamina B12 (mg)	0	0
Vitamina C (mg)	19	28,5
Vitamina A: Retinol (µg)	0	0
Vitamina D (µg)	0	0
Vitamina E (mg)	Tr	Tr

Nota. En la tabla 5 se muestra el aporte nutricional de la cebolla *Allium cepa* por 100 g de porción comestible y por unidad mediana de 150 g. [24]

|0 → Virtualmente ausente en el alimento

|Tr → Trazas

| - → Datos no disponible

1.3. Características fitoquímicas de la cebolla *Allium Cepa*

La definición de fitoquímico se ha ido construyendo durante las últimas décadas, y diferentes autores han contribuido a la formación del concepto plasmando sus ideas en sus respectivos estudios. Este es el caso de R. H. Liu [25], el cuál define los fitoquímicos como “compuestos bioactivos no nutritivos presentes en frutas, verduras y/o cereales y que han sido relacionados con la reducción del riesgo de las principales enfermedades crónicas no transmisibles”. 27 Mientras que M. Thakur y R. Khedkar [26] señalan que las principales características de los fitoquímicos son las siguientes:

Son sustancias químicas vegetales no nutritivas que tienen propiedades protectoras o preventivas frente a enfermedades.

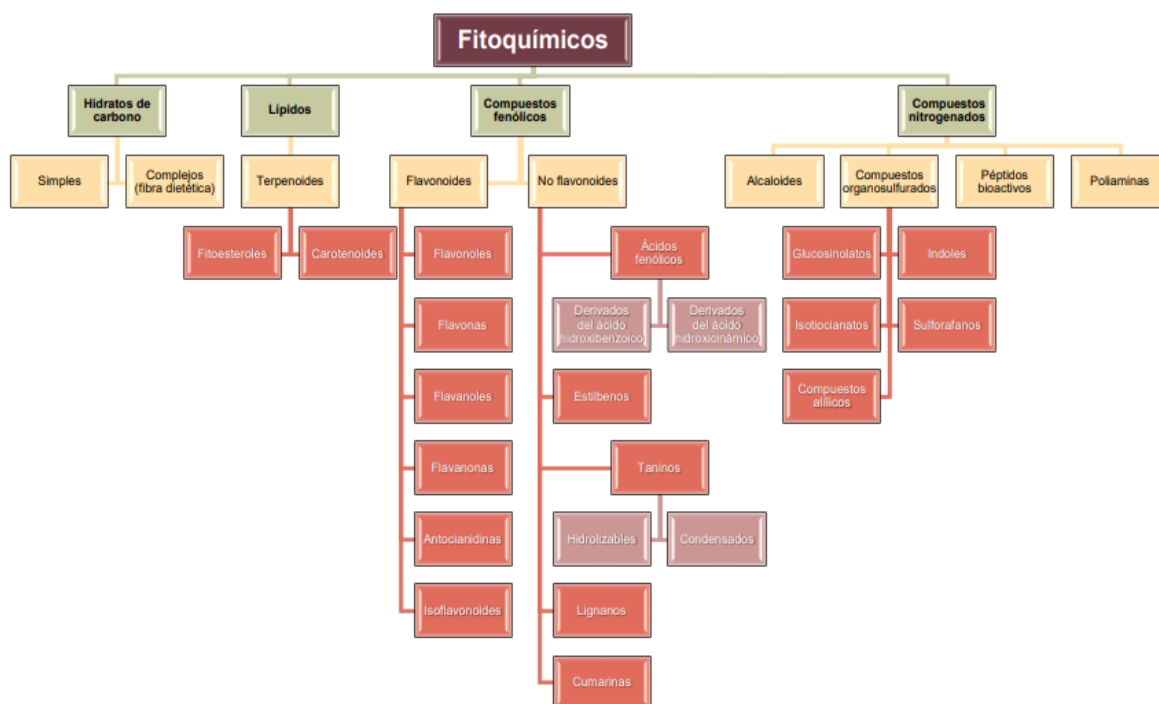
Son sustancias químicas producidas por las plantas como medio de protección frente agentes externos.

No son nutrientes esenciales y, por lo tanto, el cuerpo humano no los necesita para vivir. [27]

Los compuestos fitoquímicos se clasifican de la siguiente manera:

Figura 4.

Clasificación de compuestos fitoquímicos.



Nota. Clasificación de los compuestos fitoquímicos de los alimentos. **Tomado de:** R. H. Liu, “Componentes de las frutas y verduras en la dieta que promueven la salud,” *Adv. Nutr. Am. Soc. Nutr.*, vol. 4, no. 3, pp. 384S-392S, 2013, doi:10.3945/an.112.0035171. [25] A. M. Ortega, “Caracterización fitoquímica y evaluación de la bioaccesibilidad in vitro y biodisponibilidad in vivo de la cebolla negra (*Allium cepa* L.) y el ajo negro (*Allium sativum* L.),” *Univ. Córdoba, UCOPress*, 2021, [Online]. Disponible: <http://hdl.handle.net/10396/22230> [27]

1.3.1. Definición y clasificación estructural de los compuestos fenólicos

Este trabajo de grado tiene como objetivo la evaluación de métodos de extracción de compuestos fenólicos principalmente de los flavonoides- flavonoles quercetina por cual se dará a continuación.

Compuestos fenólicos: A lo largo del periodo de crecimiento de las plantas y las siguientes fases de su vida, producen una serie de metabolitos tanto primarios como secundarios; donde los

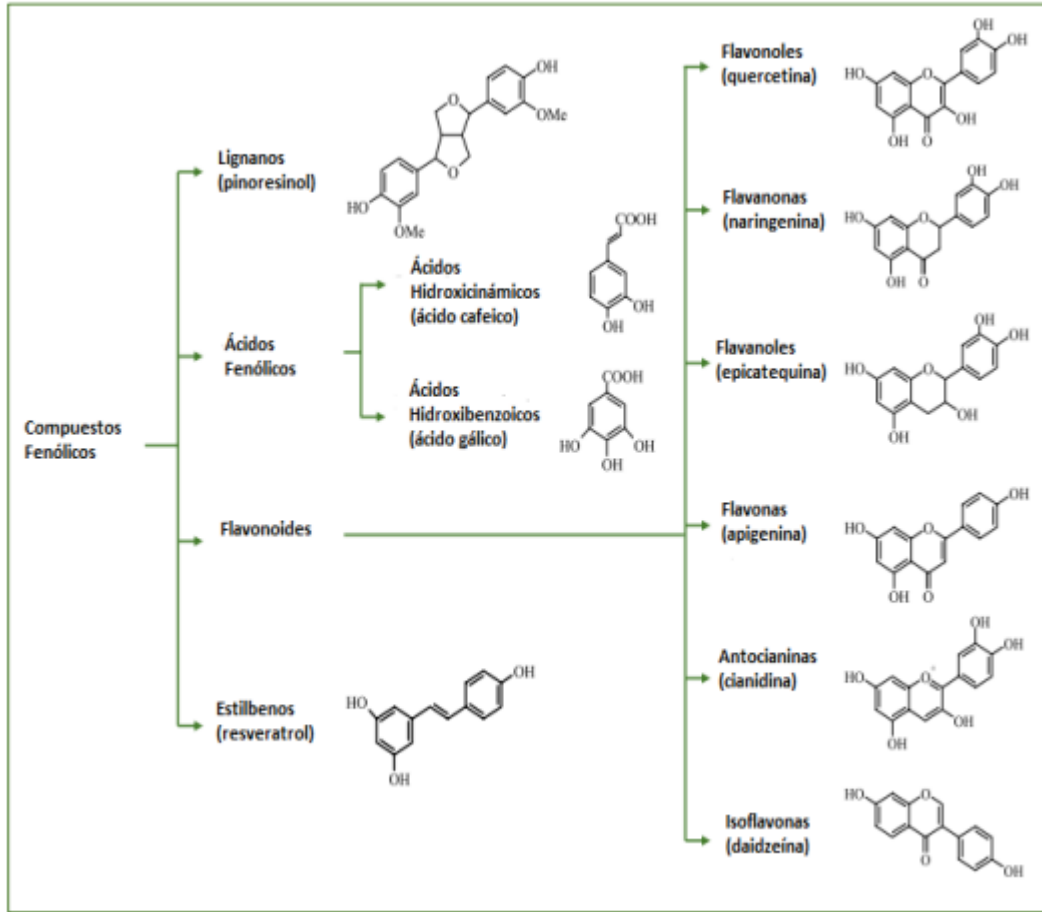
primarios tienen como propósito cumplir con el proceso de fotosíntesis desarrollo y crecimiento de la planta como son los carbohidratos, aminoácidos, lípidos, entre otros; mientras que, el metabolito secundario se evidencia debido a que brinda características específicas de la planta que la hacen más peculiar pero que no aportan a las tareas básicas que debe realizar la planta para existir como el olor, color, y sabor de la planta como son los compuestos fenólicos y terpenoides. [28]

Clasificación estructural: Los compuestos fenólicos son en su mayoría metabolitos secundarios de las plantas de diversas familias, órdenes y géneros los cuales pueden encontrarse como monómeros o polímeros según la estructura y reactividad de la planta. [29]

Los compuestos fenólicos principales para la salud humana presentes en las plantas son: ácidos fenólicos, flavonoides (flavonoles, flavanonas, flavanoles, flavonas, isoflavonas y antocianinas), lignanos y estilbenos. Estos metabolitos secundarios por tener como mínimo un anillo aromático ligado a uno o más grupos hidroxilos, los cuales se clasifican como compuestos no volátiles [30]. Estos compuestos fitoquímicos se dividen y clasifican de acuerdo con la cantidad de anillos fenólicos presentes en la molécula y los grupos hidroxilos que forman la estructura final del compuesto. [30]

Figura 5.

Clasificación estructural de los compuestos fenólicos.



Nota. Principales familias de compuestos fenólicos encontrados en plantas.
Tomado de: F. F. D. Zabaleta, “DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UNA METODOLOGÍA ANALÍTICA PARA LA CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FLAVONOIDEOS Y ORGANOAZUFRADOS EN AROS DE CEBOLLA, MEDIANTE DLLME-HPLC-UV,” Universidad Nacional de Cuyo, 2016. [Online]. Disponible: http://cvl.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8406/tesis-brom.-duran-florencia-2016.pdf [31]

1.3.2. Quercetina

La quercetina es un flavonoide de tipo flavonol, el cual se encuentra presente generalmente como O-glicósidos en altas concentraciones tanto en frutas como en hortalizas, principalmente en la cebolla. Es el flavonoide más abundante y habitual en la dieta humana.

Además de ser habitual en la dieta humana tiene diversas aplicaciones en diferentes áreas, una de ellas puede ser la cosmetología; funcionando como tratamiento fortalecedor para el crecimiento de los folículos capilares y de la estructura del cabello, en la industria agropecuaria como fungicida en cultivos debido a su propiedad como antioxidante, y también en la salud como medicamento para enfermedades crónicas. [32]

La función principal de la quercetina es como antioxidante por las siguientes 3 características de mayor importancia las cuales son [33]:

1. En el anillo B se presenta la estructura catecol u O-dihidroxi.
2. La presencia de un doble enlace en la posición 2 y 3.
3. La presencia de grupos hidroxilo en posición 3 y 5.

Propiedades físico químicas:

Formula: C₁₅H₁₀O₇

Número CAS: 117-39-5

Denominación de la IUPAC: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-4H-chromen-4-one

Densidad: 1,8 g/cm³

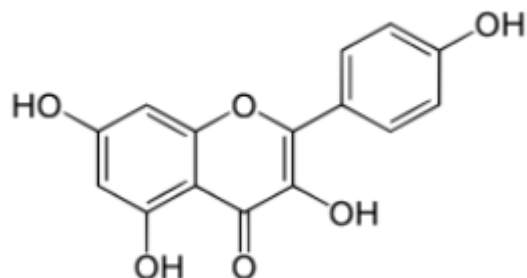
Punto de fusión: 316 K (43 °C)

Masa molar: 302,236 g/mol

Apariencia: Sólido cristalino amarillo

Figura 6. Estructura química de la Quercetina.

Estructura química de la Quercetina.



Nota. Estructura química de la Quercetina. **Tomado de:** M. Y. V. CHOQUEHUANCA, “EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE FLAVONOIDES Y ANÁLISIS PROXIMAL EN LAS FLORES DE *Tropaeolum majus* L. (TEXAO),” UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, 2019. [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11065/QUvechym.pdf?sequence=1&isAllowed=y>[32]

2. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

La extracción es un método de separación de uno o más componentes presentes en una mezcla con el fin de brindar un valor agregado a los compuestos separados. Este tipo de extracciones se encuentran clasificadas dependiendo de la naturaleza de los productos a clasificar; como es una mezcla sólido-sólido, sólido-líquido, líquido-líquido, gas-sólido, gas-líquido. La extracción de matrices vegetales se clasifica como extracción sólido-líquido. y puede llevarse a través de métodos no convencionales o no convencionales [34]. Teniendo en cuenta la importancia de los compuestos fenólicos como son los flavonoides (quercetina) mencionados anteriormente. Hay diferentes tipos de extracción los cuales serán descritos a continuación.

2.1. Métodos de extracción convencionales

Estas técnicas de separación se basan en el poder de extracción de diferentes disolventes con o sin calentamiento o mezclas de diferentes disolventes para extraer un producto en específico [35]. Las técnicas de separación convencional más representativas, evaluadas en este documento son las que se presentan a continuación:

2.1.1. *Extracción por soxhlet*

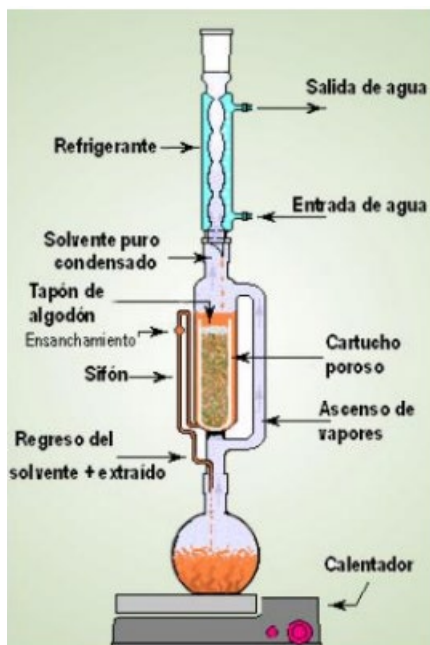
Es una operación de separación empleada principalmente para la extracción de compuestos bioactivos, en este caso de naturaleza fenólica. Consiste en agregar a un tipo de envoltura porosa la muestra a analizar y posteriormente agregar progresivamente el disolvente en estado líquido al matraz de destilación; Una vez el líquido recubre la envoltura y llega al tope del recipiente, por un sifón se filtra el solvente arrastrando los analitos de interés provenientes de la muestra analizada. Posteriormente, los analitos pasan a ser destilados y separados del solvente; este proceso se repite hasta obtener la cantidad total de compuestos fenólicos provenientes de la muestra.[36]

“El equipo Soxhlet tiene como función recircular los vapores condensados con ayuda de un sifón a la fuente de disolvente que se encuentra en evaporación continua, arrastrando consigo los principios activos de la materia prima contenido en los cartuchos desechables”[37]. Para escoger un solvente minuciosamente debe disolver selectivamente los componentes deseados, sin dejar

rastros de sólidos insolubles. Mediante un lavado continuo de una mezcla, paulatinamente se extraen los compuestos que no poseen gran afinidad al solvente implementado.[37]

Figura 7.

Extractor Soxhlet.



Nota. Montaje de una extracción soxhlet.

Tomado de: T. R. E. Antonio, “Extracción de flavonoides de la cebolla roja (*Allium cepa*) en un equipo soxhlet con mezcla de solventes etanol-agua,” *Univerdidad Nac. del Callao*, p. 130, 2018, [Online]. Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.12952/5053>[37]

A continuación, se presenta una ilustración guiada que como funciona el proceso de destilación por Soxhlet según T. R. E. Antonio [37] “La sustancia sólida se introduce en un cartucho poroso (generalmente hecho con papel de filtro, que permite al solvente entrar y salir reteniendo al sólido) que se coloca dentro del recipiente (B) Se adosa un balón (C) a dicho recipiente donde se coloca el volumen de solvente que se utilizará en la extracción. Por el extremo superior del recipiente (B), se coloca un condensador (D) El solvente se calienta, los vapores ascienden por el tubo (E), condensan en el refrigerante (D) y caen dentro del recipiente (B) impregnando al sólido que se encuentra en el cartucho (A) EL recipiente (B) se va llenando lentamente de líquido hasta que llega al tope del tubo (F) y se descarga dentro del balón (C) repite automáticamente hasta que la

extracción se completa. El solvente de extracción se evapora, recuperando así a la sustancia deseada”

Figura 8.

Partes del extractor soxhlet.



Nota. Partes de una extracción soxhlet.

Tomado de: T. R. E. Antonio, “Extracción de flavonoides de la cebolla roja (*Allium cepa*) en un equipo soxhlet con mezcla de solventes etanol-agua,” *Univerddidad Nac. del Callao*, p. 130, 2018, [Online]. Disponible : <http://hdl.handle.net/20.500.12952/5053>[37]

2.1.2. Extracción por maceración

Existen dos métodos para desarrollar la extracción por maceración implementada como método convencional. Por una parte, la maceración fría se basa en la hidratación de las muestras al ser sumergidas en agua o alcohol a temperatura ambiente por un tiempo estipulado dependiendo del grosor y la capacidad de absorción que presente; posteriormente la muestra sumergida en agua, se sella herméticamente en un lugar alejado de la luz directa.

Pasado el tiempo estipulado de reposo, se filtra la muestra y se recolecta la muestra humedecida para ser macerada y extraer los líquidos restantes que llevan consigo principios activos en forma de sólidos insolubles los cuales pasan a ser filtrados por otro proceso colaborativo de extracción.

La maceración caliente utiliza el mismo proceso de la maceración fría, a diferencia que, el calor puede alterar o modificar los principios activos de la planta, por lo que el agua, alcohol no puede superar la temperatura de ebullición al momento de sumergir la muestra y todo el tiempo de permanencia de la misma; por tanto, es necesaria la implementación de un termostato para mantener y controlar la temperatura. [37]

2.1.3. Extracción por percolación

Es un proceso de extracción posterior a la maceración, donde la muestra sólida, con un diámetro de partícula menor al original es llevada a un recipiente con un filtro en la parte inferior, para recolectar el solvente agregado desde la parte superior del envase impidiendo el paso de materia sólida. De esta manera, y realizando este procedimiento múltiples veces, se mantiene el gradiente de concentración por el mayor tiempo posible, mientras desciende el solvente por medio de la gravedad y separa los principios activos de la muestra.

Este método de extracción por lixiviación garantiza su calidad dependiendo de la finura con la que se haya macerado la muestra sólida, la velocidad de difusión de las sustancias activas presentes de la muestra, hacia el disolvente y la velocidad de lixiviación del disolvente. [38]

2.1.4. Extracción por centrifugación

Siendo una operación de separación alternativa implementada posteriormente a la maceración. Es una operación de separación mecánica de partículas a través de un fluido por medio de fuerza centrífuga, Este principio se basa en que una partícula de un tamaño específico podría separarse siempre y cuando se tenga el tiempo suficiente para alcanzar la pared de la centrífuga; de esta forma, se evidencia una diferencia de densidades entre un sólido y un líquido que lo rodea. [39]

2.2. Métodos de extracción no convencionales

Teniendo en cuenta que; en busca de fomentar un desarrollo sostenible, se plantean técnicas de extracción amigables con el ambiente y así mismo, que no impliquen riesgos para la salud. Todo

esto, sin disminuir la calidad del producto a obtener [40]. Las técnicas de separación no convencional que serán evaluadas en este documento son las que se presentan a continuación:

2.2.1. Extracción por ultrasonido

Es uno de los métodos de separación no convencionales que mayor interés enfrenta en los últimos años, debido a las numerosas ventajas que puede presentar en comparación con metodologías tradicionales. [41]

“Esta técnica se basa en emplear ondas de elevada frecuencia entre los 20-100 MHz, que se propagan por el medio de reacción, generando burbujas de cavitación. La formación de estas burbujas se debe a que el disolvente, en el que se produce la extracción, alcanza su presión de vapor, de manera que las moléculas que lo integran pasan a estado de vapor. Estas burbujas viajan a través del líquido hacia zonas de mayor presión en las que se produce su colapso, el cual, a su vez, origina una serie de efectos químico-físicos.” Menciona D. R. Rodríguez. [36]

“Cuando la implosión de las burbujas tiene lugar sobre la superficie de la muestra de interés, la presión que se forma contribuye a la destrucción de las membranas celulares, a través de cuyas fracturas la solución extractora accede al interior de la propia célula. De esta forma, se produce un incremento de la superficie de contacto entre la muestra y el disolvente, que facilitará la extracción de los compuestos de interés, en este caso, compuestos fenólicos”. Agrega D. R. Rodríguez. [36]

2.2.2. Extracción por microondas

Esta metodología se basa en métodos de extracción convencionales, debido a que la operación ocurre a partir de los cambios estructurales de las células de muestra inducidos por las ondas electromagnéticas. [42]

Las ondas electromagnéticas implementadas en los microondas, minimizan la pérdida de calor por lo que ocurre en un sistema cerrado, por lo que es más eficiente tanto en rendimiento como en tiempo de operación.

“El calentamiento focalizado ofrecido por esta metodología provoca que la humedad del interior de la célula se evapore, generando grandes presiones en el interior de la pared celular; finalmente, la pared se fractura, facilitando la salida, y, por tanto, la extracción de los compuestos de interés.”

Menciona D. R. Rodríguez. [36]

2.2.3. Extracción de líquidos a presión

Generalmente, en todos los métodos de extracción, la temperatura elevada mejora la recuperación de polifenoles. Los métodos de extracción a alta temperatura son más efectivos si los polifenoles tienen una mayor resistencia a la temperatura. La extracción de líquidos a presión (PLE) funciona según el principio en el que la temperatura del punto de ebullición es proporcional a la presión. Por lo tanto, la presión del sistema de extracción se incrementa antes de elevar la temperatura, con el fin de mantener la solución en estado líquido. [43]

La temperatura de PLE está en el rango de 50 °C a 200 °C. La temperatura máxima de extracción depende tanto del disolvente, como de los polifenoles; las altas temperaturas pueden degradar componentes activos y disolver los compuestos no deseados.

2.2.4. Extracción asistida por enzimas

La extracción asistida por enzimas (EAE) es otra nueva técnica ecológica en que la adición de enzimas en el medio de extracción mejora la recuperación. El propósito principal de la enzima en la extracción de materiales vegetales es romper o ablandar las paredes celulares; esto puede dar al activo acceso de los ingredientes al disolvente. Los compuestos fitoquímicos unidos o dispersos dentro de las células o en las paredes celulares son difíciles de extraer utilizando la extracción con disolvente normal; por tanto, las enzimas ayudan a liberar esos componentes de una manera única al digerir los materiales circundantes.[43]

El tamaño de partícula y la proporción de enzima y muestra son los factores de control clave para maximizar el rendimiento de polifenoles. El paso principal del método de extracción es la hidrólisis enzimática, donde una mezcla de muestra, enzima y solvente (agua en la mayoría de los casos) se incuba a bajas temperaturas, alrededor de 35-50 °C, con pH ajustado (Las enzimas funcionan mejor en un medio ácido). La hidrólisis se detiene desactivando las enzimas a una temperatura elevada de 80-90 °C. [43]

2.3. Comparación y selección de los métodos de extracción

Para realizar este proceso de selección se plantea la implementación de una matriz de decisión que nos permita escoger el método de extracción de flavonoides más apropiado-presentes en la cáscara de cebolla.

Según la metodología de Pugh; se toma la primera alternativa de diseño y se analiza criterio por criterio si su cumplimiento es superior al diseño actual, es inferior o es igual. Si es superior se coloca un signo "+", si es inferior un signo "-" y si es igual un "0". Para mayor comodidad, se suelen utilizar los números +1, -1 y 0 respectivamente ya que permiten operar en planillas de cálculo. Utilizaremos esta última nomenclatura de aquí en adelante. Una vez completada toda la tabla, se realiza la suma de cada columna. El concepto de diseño que obtenga un resultado mayor, producto del balance entre aspectos positivos y negativos, será el método de extracción evaluado. [44]. Por otra parte, se agrega un valor de consideración en la escala de 1 a 5 dependiendo de la pertinencia e importancia que presente el factor en el desarrollo del proceso realizado para la extracción. Donde 1 es lo menos relevante y 5 es lo más relevante.[45]

2.3.1. Factores evaluados para la selección del método de extracción

2.3.1.a. Temperatura en el proceso de extracción. Teniendo en cuenta que los flavonoides son compuestos polifenólicos bioactivos, y que la materia orgánica donde se encuentran los metabolitos secundarios a evaluar, puede degradarse a altas temperaturas, se sugiere que la extracción no debe superar los 60°C para garantizar el éxito del proceso.[43]

El método puede desarrollarse a temperaturas mínimas controladas (+).

El método no puede desarrollarse a temperaturas mínimas controladas (-).

2.3.1.b. Tiempos de extracción. Al igual que la temperatura en el proceso de extracción, este factor es muy importante ya que incide en la eficiencia del proceso, así como el tamaño de partícula de la muestra son determinantes importantes para obtener la calidad y el rendimiento apropiados.

El método puede desarrollarse en tiempos estipulados (+).

El método no puede desarrollarse en tiempos estipulados (-).

2.3.1.c. Rendimiento del proceso. Este factor busca identificar la proporcionalidad que existe entre la cantidad de muestra analizada y la cantidad de flavonoides extraídos y de esta manera identificar el rendimiento que puede ofrecer el método escogido.

El método puede desarrollarse con rendimientos altos (+).

El método no puede desarrollarse con rendimientos altos (-).

2.3.1.d. Gasto energético. A partir del principio de economía, se busca seleccionar métodos que minimicen su consumo energético, reduciendo los posibles impactos negativos que se puedan generar al ambiente o a la salud de los que en él vivimos.

El método puede desarrollarse con mínimos consumos energéticos (+).

El método no puede desarrollarse con mínimos consumos energéticos (-).

2.3.1.e. Afinidad del solvente. Siendo uno de los factores más importantes, debido a que, si el solvente no es seleccionado correctamente, no existiría la posibilidad de que un agente transporte los principios activos de la muestra para posteriormente ser retiradas del solvente sin complicaciones. De esta manera, también existe una relación directa entre el solvente y el método de extracción a seleccionar.

El método puede desarrollarse con el solvente seleccionado (+).

El método no puede desarrollarse con el solvente seleccionado (-).

2.3.1.f. Método de extracción en la industria. Basando la selección del método de extracción en la posible implementación de la operación a nivel industrial, se busca que sea factible el desarrollo de un diseño conceptual con el método escogido.

El método puede desarrollarse industrialmente (+).

El método no puede desarrollarse industrialmente (-).

2.3.1.g. Seguridad del proceso. El método de extracción seleccionado debe cumplir un margen de seguridad básico que permite a los desarrolladores condiciones óptimas y mínimamente riesgosas al momento de desarrollar la operación y sus posibles réplicas.

El método puede desarrollarse de manera segura (+).

El método no puede desarrollarse de manera segura (-).

2.3.2. Factores selección del solvente

Siguiendo la metodología de selección de método de extracción, así mismo se diseñará una matriz de decisión que involucra la comparación entre factores.

2.3.2.a. Afinidad con el soluto. “Los flavonoides son sustancias sólidas cristalizadas de color amarillento o blanco y se caracterizan por ser de naturaleza polar, sin embargo, su polaridad puede variar dependiendo del tipo de flavonoide presente, llegando a encontrar flavonoides más polares que otros. Son solubles en agua caliente, alcoholes y disolventes orgánicos más o menos oxigenados dependiendo su polaridad”. [46]

El solvente tiene afinidad con el soluto (+).

El solvente no tiene afinidad con el soluto (-).

2.3.2.b. Toxicidad. Manteniendo el factor de sostenibilidad como uno de los más importantes en la industria, se busca que ningún proceso genere impactos negativos tanto en el ambiente, como en la salud. Al minimizar el uso de solventes sin afectar el rendimiento del proceso, se vuelve más significativo y representativo para su selección.

El solvente no es tóxico para el ambiente o la salud (+).

El solvente es tóxico para el ambiente o la salud (-).

2.3.2.c. Miscibilidad. La miscibilidad es la propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una disolución, por lo que lo hace un factor importante de selección para determinar el solvente adecuado que estará en contacto con la materia vegetal seleccionada para extraer los flavonoides. [47]

El solvente es miscible (+).

El solvente no es miscible (-).

2.3.2.d. Precio. La viabilidad económica es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, aparte de que debe cumplir con todos los requisitos antes mencionados. De esta forma se vuelve más accesible el proceso de experimentación y replicación del proceso de ser necesario.

2.3.2.e. Temperatura de ebullición. Este factor es importante debido a que como se mencionó anteriormente, la temperatura de extracción debe encontrarse en un rango no superior a los 60°C. Por tanto, el solvente no debe tener una temperatura de ebullición inferior a ese valor.

2.4. Matrices de decisión

A continuación, se presentarán las matrices de decisión para la selección del solvente a utilizar en el proceso de extracción, matriz de decisión técnicas convencionales y no convencionales.

2.4.1. *Matriz de decisión de solventes*

Tabla 6.

Matriz de decisión de solventes.

Solvente/Factores	Valor	Hexano	Acetona	Metanol	Etanol	Agua Destilada
Afinidad con el soluto	5	-	+	+	+	+
Toxicidad	5	-	-	-	+	+
Miscibilidad	5	+	+	+	+	0,5
Total		-1	1	1	3	2,5
Precio (\$/L)	4	\$125.000	\$120.000	\$108.000	\$10.000	\$3.500
Temperatura de ebullición en Bogotá	4	68,85°C	56°C	64.7°C	78,37°C	92,4°C

Nota. La tabla 6 permite comparar cuatro tipos de solventes, con el fin de seleccionar el solvente que tenga la mayor afinidad con el soluto.

En la **Tabla 6** se puede evidenciar que los solventes que tienen el mayor puntaje total son etanol, agua y mezcla entre los dos, por lo cual son los solventes seleccionados para trabajar en cualquiera de los métodos de extracción que sean escogidos en las siguientes matrices de decisión.

Su selección se debe por bajos costos como materia prima en comparación con los demás solventes, garantizando que el proceso sea económicamente viable y rentable; también, por su afinidad con el soluto, ya que los flavonoides poseen heterósidos que son solubles en agua caliente, alcohol y disolventes orgánicos polares, siendo insolubles en los apolares. Sin embargo, cuando estos se encuentran en estado libre, son poco solubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos más o menos oxigenados, dependiendo de su polaridad.

El etanol tiene dos átomos de carbono siendo miscible en agua, lo que quiere decir que favorece la miscibilidad al contacto con el material vegetal y por ende favorece la extracción de los

flavonoides. Por otra parte, es un solvente no tóxico para el ambiente o la salud, contribuyendo a que los procesos de extracción sean amigables y seguros con el mismo. [48]

2.4.2. Matriz de decisión de técnicas convencionales

Tabla 7.

Matriz de decisión de técnicas convencionales.

Método de extracción/ Factores	Valor	Soxhlet	Maceración	Percolación	Centrifugación
Temperatura en el proceso de extracción	5	+	-	+	+
Tiempos de extracción	4	+	-	-	-
Rendimiento del proceso	5	+	-	+	+
Gasto energético	2	0	0	0	0
Afinidad con el solvente	5	+	+	+	+
Método de extracción en la industria	5	+	-	+	+
Seguridad del proceso	4	+	+	+	+
Total		6	-2	4	4

Nota. Comparación de 4 técnicas convencionales para la extracción de flavonoides.

De acuerdo con la matriz de decisión anteriormente presentada se puede observar que en las técnicas convencionales tiene un mayor puntaje la extracción de Soxhlet debido a sus ventajas como es la eficiencia y cantidad de materia extraída; Además de que es uno de los métodos utilizados a nivel industrial. Sin embargo, las técnicas no convencionales como son la extracción por ultrasonido, extracción por microondas, entre otros, también presentan un gran puntaje puesto que son alternativas las cuales contribuyen a que la implementación de solvente sea menor lo que conlleva a que el gasto de todo el proceso en general disminuya, generando una optimización en el proceso de extracción.

Según D. R. Rodríguez [36] menciona que “Existen numerosos estudios comparativos entre las diferentes técnicas, varios de los cuáles fueron consultados para la realización de esta memoria. En ellos se realiza una comparativa entre las eficiencias proporcionadas por diferentes metodologías. Generalmente, si bien la metodología convencional, Soxhlet, es la que mayores rendimientos proporciona, el resto de nuevas metodologías, más innovadoras, no se quedan muy atrás, en términos de rendimiento en la extracción de los fenoles, lo que ha ido incrementando su uso en los ensayos de laboratorio habituales.”

Según lo anteriormente mencionado y los resultados obtenidos se escoge el método de extracción por Soxhlet factores de mayor puntaje los cuales son disponibilidad de equipos, de reactivos, eficiencia del proceso y mayor cantidad de principio activo. Además se puede resaltar que la técnica no es dependiente de la matriz y que muchos extractores Soxhlet pueden utilizarse sin controlarlos continuamente, de hecho, existen algunos sistemas comerciales automáticos [49]; El disolvente utilizado proviene de una condensación luego es líquido y está caliente lo que favorece la solubilidad del analito. [50]

2.4.3. Matriz de decisión de técnicas no convencionales

Tabla 8.

Matriz de decisión de técnicas no convencionales.

Método de extracción/ Factores	Valor	Ultrasonido	Microondas	PLE	Enzimático
Temperatura en el proceso de extracción	5	+	-	+	+
Tiempos de extracción	4	+	+	+	+
Rendimiento del proceso	5	+	+	+	+
Gasto energético	2	-	-	-	-
Afinidad con el solvente	5	+	+	+	+
Método de extracción en la industria	5	+	+	+	+
Seguridad del proceso	4	+	+	+	+
Total		6	5	6	6

Nota. Comparación de 4 técnicas no convencionales para la extracción de flavonoides.

Según la matriz de selección de los métodos no convencionales. Teniendo en cuenta que 3 de 4 métodos son viables según los parámetros analizados, se escoge el método de extracción por ultrasonido debido a que a menores tiempos de extracción se pueden obtener igual o mayores concentraciones de analito extraído en comparación a los métodos no convencionales. [51]

Otro aspecto importante para mencionar es el control de temperatura que ofrece el equipo a comparación de otros métodos de extracción no convencionales como es la extracción de microondas que entre más prolongados sean los tiempos de exposición, incrementa la radiación

recibida por la materia vegetal y puede romper las cadenas de polifenoles presentes en la misma.
[52]

En términos generales se escogió ultrasonido debido a que ofrece control de temperatura, potencia, frecuencia, tiempo y presión. Además de que no requiere un acondicionamiento específico y controlado de todas las variables para poder llevarse a cabo de manera satisfactoria, como es la extracción por presión de líquidos o por enzimas.

3. MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN

A continuación, se presentan los diferentes tipos de métodos de identificación de flavonoides quercetina presentes en la cáscara de cebolla.

3.1. Método de tricloruro de aluminio

La identificación de flavonoides se realizó mediante una reacción colorimétrica con tricloruro de aluminio, a partir de la dilución de la muestra problema en acetato de etilo. Si se obtiene una coloración amarilla, en este caso, la prueba es positiva a la presencia de flavonoides. El aluminio reacciona con el hidroxilo del resto catecólico en el anillo B. Por lo que es posible cuantificar exclusivamente los flavonoides presentes en una matriz dada, evitando la interferencia de algunos ácidos fenólicos que invariablemente acompañan a los flavonoides en los tejidos vegetales. [53]

3.2. Método de cromatografía en capa fina (CCF)

Es útil para el monitoreo rápido de sustancias farmacológicamente activas en extractos vegetales, antes de su análisis detallado mediante técnicas instrumentales como LC-UV, especialmente porque se pueden analizar varias muestras. [54]

Se realiza a partir de un cromatofolio de sílica gel y se depositan de 8 a 10 gotas del analito extraído de la materia vegetal. Implementando un revelador se usó la disolución con este fin se utilizó también la lámpara ultravioleta en un tiempo determinado. La identificación de los antioxidantes se da por un cambio de coloración (morado a amarillo) debido a que durante la reacción del DPPH con los antioxidantes, el electrón impar del nitrógeno con que cuenta el DPPH (morado) acepta un átomo hidronio del compuesto antioxidante, obteniéndose la respectiva hidracina (amarilla). [53], [54]

3.3. Prueba Shinoda

A 1 mL de extracto se le añaden 0.1 g de limaduras de zinc y gotas de HCl hasta que termine desprenderse el hidrógeno; obteniendo así: coloraciones rosada, roja, violeta, anaranjada las cuales son positivas para sustancias que posean en su estructura el núcleo de la γ - benzopirona, tales como: flavonas, flavonoles, flavanonas, flavanonoles, xantonas. Por otra parte, las isoflavonas, chalconas y auronas no dan coloración. [55]

3.4.Prueba Rosenheim

A 1 mL de extracto se le agrega la mitad del volumen de ácido clorhídrico concentrado. Posteriormente se mezcla y calienta por 10 minutos a 90°C. Luego se enfrió y se agitó con 0.4 mL de alcohol amílico. En la fase amílica se debe observar una coloración de carmesí a rosado claro para considerar la prueba como positiva a la presencia de flavonoides.[55]

3.5.Prueba H_2SO_4

Se toman 0.5 mL del extracto vegetal y se le agregan 5 gotas de ácido sulfúrico concentrado. Los cambios de color a amarillo y naranja son positivos para flavonas y flavonoles. Las chalconas y auronas dan coloración rojo o violeta. [55]

Se selecciona el método de identificación de prueba Shinoda; por disponibilidad de reactivos y por su ventaja de desarrollarse eficientemente. Se utiliza a menudo esta prueba para la identificación de fenoles debido a que ocurre una reacción está presentara coloraciones rosada, roja, violeta, anaranjada las cuales son positivas para el analito a identificar, lo que quiere decir, es que está prueba arroja un resultado cualitativo en un periodo de tiempo corto. [55]

4. MÉTODOS DE CUANTIFICACIÓN

A continuación, se presentan los diferentes tipos de métodos de cuantificación de flavonoides quercetina presentes en la cáscara de cebolla.

4.1. Espectrofotometría UV-Visible

Para la cuantificación de flavonoides totales se utilizó el método descrito por Kostennikova. Se diluye y se controla su pH con soluciones buffer para posteriormente ser diluido nuevamente con alcoholes; esto se realiza con el fin de obtener afinidad en la solución. Se evaporan los solventes y se filtra el principio activo extraído y se diluye en la solución patrón de alta concentración para así leer las absorbancias en un espectrofotómetro con una onda patrón de 318 nm y un blanco que contiene únicamente flavonoides quercetina; de esta manera se obtiene la lectura de absorbancia de la muestra extraída y se cuantifica la cantidad de quercetina a partir del patrón guía con una curva de calibración. [42]

4.2. Cromatografía HPLC

La cromatografía líquida de alto rendimiento o de resolución HPLC, permite la separación de compuestos de una mezcla mediante las interacciones específicas con la fase estacionaria permitiendo el paso, identificación y análisis de los componentes de las sustancias en estudio. Este tipo de cromatografía es indicada para el análisis de compuestos poco volátiles, iónicos y termolábiles. El HPLC se caracteriza por la utilización de presión, ya que ayuda a incrementar la velocidad de los compuestos dentro de la columna y en consecuencia de esto, este equipo tiende a ser sofisticado y caro en comparación con una cromatografía líquida convencional en columna. [56]

Para la cuantificación de los flavonoides, se selecciona el método espectrofotométrico debido a que la principal ventaja de la Espectrometría UV-visible es su simpleza. No es destructiva, lo que

significa que se puede usar para analizar una muestra sin dañarla. Se puede medir de manera rápida y precisa una gran variedad de concentraciones. [57]

5. CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA

Una vez esclarecidos los parámetros teóricos, se busca realizar la experimentación del método evaluado. Por tanto, es pertinente identificar el estado de las cáscaras de cebolla de bulbo que se implementarán para obtener el extracto.

5.1.Recolección de la materia prima

Las cáscaras de cebolla de bulbo fueron recolectadas de diferentes distribuidores de Frutas, verduras y legumbres localizados en zonas residenciales de la zona sur oriental de Bogotá (Barrio 20 de Julio). Estas cáscaras son pertenecientes de cebolla de bulbo blanca y el tiempo entre el retiro de la cáscara del bulbo y recolección de la misma se encuentra en un intervalo de 2 horas para 3 canastillas con una cantidad de cebollas aproximada de 120 cebollas por canastilla plana de capacidad de 30 kg. [58]

Figura 9.

Cascaras de cebollas.



Nota. La materia prima era entregada en bolsas plásticas, donde posteriormente a su recolección se realizaba su separación de cáscaras buenas de las malas y al mismo tiempo se separaban los bulbos que se encontraban.

5.2. Clasificación de la materia prima recolectada

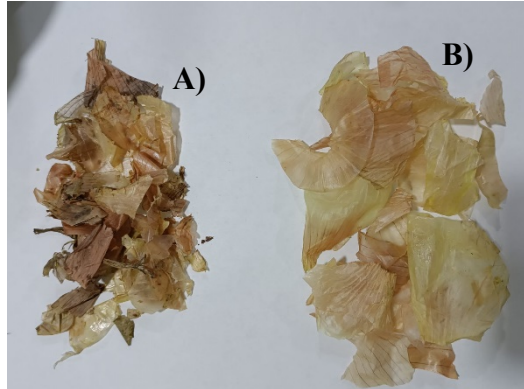
Como se muestra en la **Figura 9**, cuando se retiran las cáscaras del bulbo, en algunas ocasiones, se encuentra tan afectada que se ven comprometidas las capas carnosas interiores del bulbo por lo que es necesario retirarlas para poder ser ofrecidas al mercado.

Esta situación incrementa la dificultad y tiempo de selección de la materia prima debido a que este trabajo de grado solo abarca la evaluación de composición de flavonoides encontrados en las capas protectoras de la cebolla y no, en capas carnosas del bulbo.

De esta manera, la clasificación a gran escala era la materia vegetal que contenía capas carnosas, de las que no, de esta manera era más eficiente el proceso de recolección de las cáscaras únicamente.

Figura 10.

Clasificación de la materia prima.



Nota. En el literal **A)** se puede evidenciar las cáscaras que no son aptas para el proceso extractivo y en el literal **B)** son las cáscaras que han sido seleccionadas para el proceso extractivo de flavonoides.

5.3.Separación de materia prima

Una vez separadas las cáscaras, se procedió a clasificarlas según su estado de degradación, y su contaminación biológica. [23]

Se identificó la capa externa de la cáscara es la que se encuentra más afectada debido a que cumple su función de proteger al bulbo; de esta manera, se seleccionaron las capas internas de la cáscara, las cuales eran las que se encontraban menos comprometidas.

Figura 11.

Cáscara contaminada.



Nota. Se evidencia que la cáscara se encontraba contaminada biológicamente.

Figura 12.

Cáscaras seleccionadas.



Nota. Las cáscaras seleccionadas fueron aquellas que no se encontraban comprometidas y estaba en óptimas condiciones para ser utilizadas en el proceso extractivo de flavonoides.

5.4. Selección de la materia prima

Cuando las capas internas se encontraban comprometidas por agentes microbiológicos, dependiendo del grado de afectación se decidía si recortar la parte sana útil para la experimentación o desechar la cáscara analizada. Este proceso hizo la selección de cáscaras más exhaustivo.

Figura 13.

Cáscaras en condiciones óptimas.



Nota. Cáscaras seleccionadas y cortadas, para ser utilizadas en el proceso de extracción de flavonoides.

5.5. Limpieza de la materia prima

Teniendo en cuenta que los flavonoides pueden activarse levemente en la presencia de agua por una prueba de humedad casera para disminución de peso.

Por cuestiones de precisión en la cuantificación de flavonoides presentes en la cáscara, se decidió limpiar las impurezas restantes en seco.

6. METODOLOGÍA

6.1. Secado de la materia prima

La muestra previamente separada es secada al ambiente por 24 horas para que se retire la humedad presente en las mismas provenientes de los bulbos. Posteriormente se muelen para ser utilizados en el proceso de extracción y que los 15 g de muestra ocupen el mínimo espacio posible dentro del cartucho.

Para calcular la humedad aparente que posee una muestra de cáscaras recién separadas del bulbo, se implementó un secador comercial (air fryer) con una potencia de 1kW, frecuencia de 60 Hz y voltaje de 110V a 60°C, la muestra se sometió al proceso de secado por 60 minutos

Se determinó que para 0,5 onzas ($15,17 \pm 0,1$ g) después de someterlo a las condiciones de secado, su peso era de 0,2 onzas ($5,67 \pm 0,1$ g), se realiza la conversión de onzas a gramos, debido a que el trabajo de grado está en el sistema internacional de unidades (SI).

Figura 14.

Proceso de secado.



Nota. Se utilizó un secador airfryer para retirar la humedad presente en las cáscaras de cebolla y determinar el peso total de la materia vegetal.

6.2. Disminución tamaño de partícula de la materia prima

Al revisar detalladamente la dimensión promedio que tienen las cáscaras recogidas fue evidente que la extracción se vería afectada debido al tamaño de partícula, esto es debido a que la cantidad de 15 g que se requiere para realizar el proceso de extracción, no se pueden introducir completamente en el extractor de un volumen de 50 mL.

Para esto se realizó un proceso de molido, donde el tamaño de partícula se disminuyó hasta ser menor a 10 mm de diámetro y se incrementó el volumen del extractor a 100 mL con el fin de evitar que materia vegetal tuviera mínimo contacto con las paredes y tuviera espacio suficiente para ser extraído.

Figura 15.

Molienda.



Nota. Se disminuye el tamaño de partícula con el fin de aumentar el contacto de la materia vegetal con el solvente y lograr una extracción efectiva.

6.3. Proceso de extracción soxhlet de flavonoides

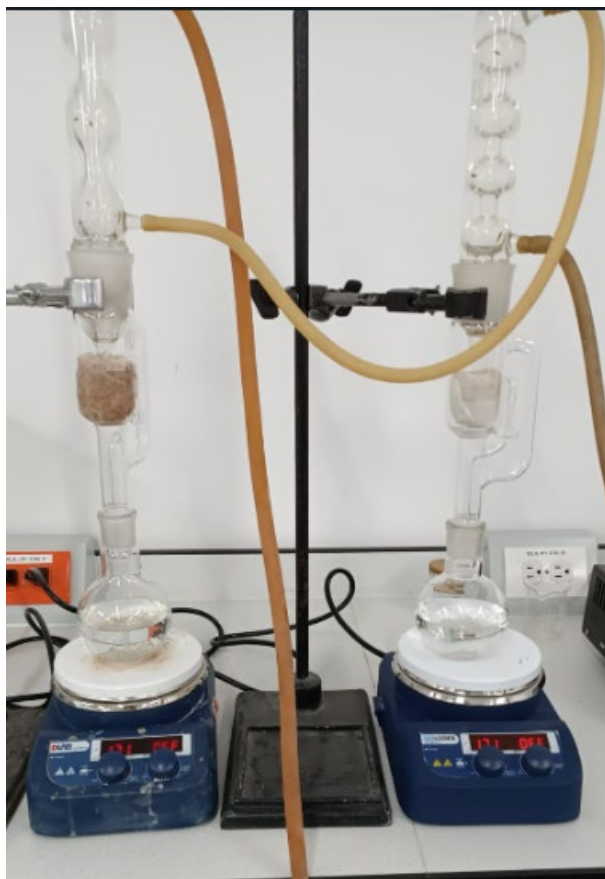
Las variables que se utilizaron para obtener los flavonoides provenientes de la cáscara a partir de la extracción por soxhlet fue la implementación del solvente etanol a diferentes concentraciones: 70%, 80% y 90%. Cada modificación de variable se realizó por duplicado con el fin de corroborar resultados y conclusiones de W. Liu *et al.* [59] las cuales mencionan que con una concentración de etanol mayor, proporcionalmente incrementa la extracción: Esto se debe a que la presencia de

etanol en fase vapor, incrementa el porcentaje de transferencia de masa desde la materia vegetal hacia el disolvente.

Para obtener resultados completos de la extracción es necesario realizar la operación en tiempos superiores a las 24 horas de extracción continua. Por tanto, para los alcances de este trabajo de grado, se establece un rango de tiempo de 4 horas, con control de temperatura del solvente a 60 °C y condiciones de presión y temperatura ambiente del equipo. [51]

Figura 16.

Extracción soxhlet.



Nota. Proceso de extracción soxhlet a partir de la cáscara de cebolla para la obtención de flavonoides, este proceso se hizo a tres concentraciones diferentes del solvente y cada una de las concentraciones se le realizó replica.

6.4. Proceso de extracción ultrasonido de flavonoides

La muestra de 7,5 g se introdujo en el interior de un beaker de 400 ml y se adicionaron 150 ml de etanol a 70%, 80% y 90% de pureza, según corresponda. Posteriormente, el beaker tapado se sumergió en un baño termostático en el interior del Ultrasonido, con una potencia de 112.5 Watts, temperatura de 40 °C y durante 90 min. Una vez culminado el tiempo de extracción se procedió a filtrar el etanol con extracto recolectado, con el fin de eliminar la materia vegetal sólida y que solo esté presente la fase líquida para ser expuesta a un proceso de secado.

Figura 17.

Extracción por ultrasonido.



Nota. Proceso de extracción por ultrasonido a partir de la cáscara de cebolla para la obtención de flavonoides, este proceso se hizo a tres concentraciones diferentes del solvente y cada una de las concentraciones se le realizó replica.

6.5. Proceso de secado del extracto vegetal recuperado.

El extracto etanólico obtenido tanto en el proceso de extracción en soxhlet como en ultrasonido, es trasvasado a un beaker de 250 mL para proceder a su calentamiento con una plancha de 515 W

a temperatura constante de 60°C durante 9 horas, para lograr la separación del etanol y del extracto de flavonoides.

La recuperación del etanol no fue posible puesto que se debía tener la temperatura controlada para que el extracto no se fuera a desnaturalizar, por ende, se decidió la evaporación del mismo. De igual forma la evaporación del solvente utilizado, no genera movilidad el suelo, es decir, que no amenaza significativamente los nutrientes transportados en el suelo. [60]

Figura 18.

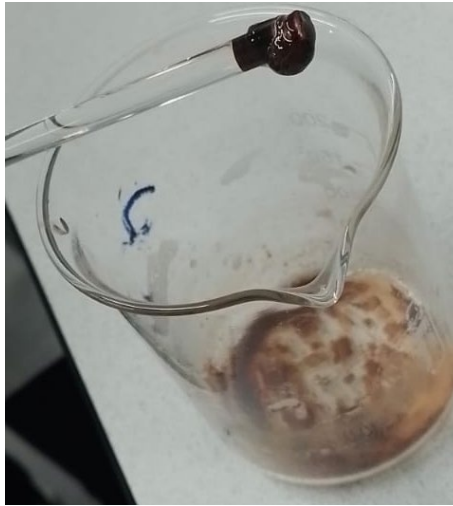
Secado del extracto vegetal



Nota. El proceso de secado del extracto vegetal obtenido tanto en extracción soxhlet como en ultrasonido se hizo por medio de la evaporación del etanol a una temperatura constante y durante un tiempo determinado.

Figura 19.

Extracto vegetal



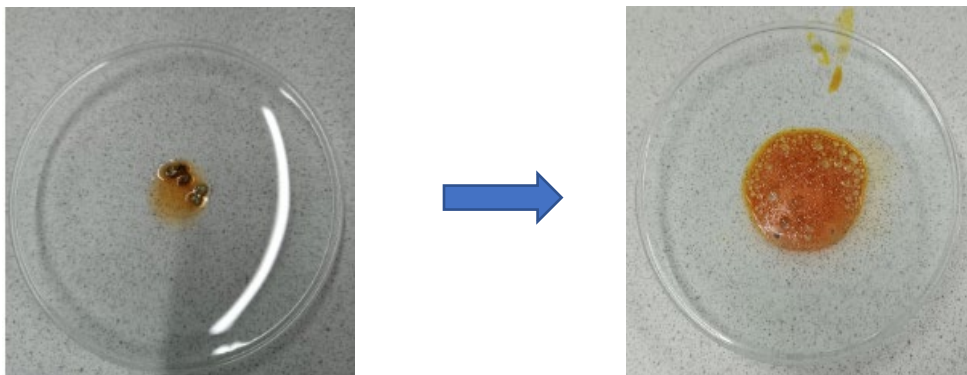
Nota. Apariencia del extracto vegetal después de la evaporación del etanol.

6.6. Identificación de presencia de flavonoides

Para realizar este proceso, se implementó el método Shinoda desarrollado por J. V. Bedoya [55], utilizando la limadura de zinc y el ácido clorhídrico como se menciona en los métodos de identificación. Se obtuvo una tonalidad inicialmente amarilla la cual se tornó rosa por el paso de la reacción formada. Estas tonalidades afirman la presencia de flavonoides en el extracto obtenido.

Figura 20.

Prueba Shinoda.



Nota. En la parte derecha de la imagen se evidencia como empieza a reaccionar el zinc con el extracto vegetal y la parte izquierda es el resultado cuando se le agrega las gotas de ácido clorhídrico concentrado, dando una coloración final anaranjada lo que quiere decir que es positivo para presencia de flavonoides.

6.7. Diseño de la curva de calibración de flavonoides

Para cuantificar la concentración de flavonoides presentes en los extractos obtenidos a diferentes purzas de solvente es necesario realizar primero una escala de tendencia con un extracto puro de flavonoides que nos permita comparar la presencia y cantidad de los flavonoides que se encuentran presentes en el extracto de cáscara de cebolla de bulbo.

Para realizar esta curva de calibración se utilizaron 0,04 g de extracto puro y se diluyeron en 400 mL de etanol al 96%; sin embargo, al implementar un suplemento dietario con una concentración de 250 ppm de quercetina, es importante indicar la cantidad de excipientes en una muestra y cómo pueden variar la estandarización de la muestra. De esta manera y con las mediciones implementadas, se obtiene una concentración máxima de 42,301 ppm. Con el fin de identificar el comportamiento de la curva, se plantearon diferentes concentraciones menores a la mencionada; se evidenció la absorbancia de cada dilución a una longitud de onda constante de 318 nm [61]. Las concentraciones implementadas se muestran en la **Tabla 12**.

6.8.Cuantificación de flavonoides por concentración

Utilizando la curva de calibración diseñada anteriormente, se hicieron mediciones de las diluciones de los extractos al 70%,80% y 90% por duplicado; tanto del método de extracción soxhlet, como ultrasonido. De cada extracto se utilizaron 0.025 g diluidos en 50 ml con el fin de estandarizar las mediciones en cada muestra; se hicieron 3 mediciones a una longitud de onda de 318 nm en un espectrofotómetro UV-VIS, de esta manera se obtuvieron los datos de absorbancia que nos permiten identificar la cantidad de flavonoides extraídos dependiendo de la pureza del solvente y el método de extracción utilizado.

7. RESULTADOS

7.1. Humedad relativa

Ecuación 2.

$$\%H_{relativa} = \frac{Pcch_{(g)} - Pccs_{(g)}}{Pcch_{(g)}} * 100$$

Donde:

Pcch → peso de cáscaras de cebolla húmeda.

Pccs → peso de cáscaras de cebolla seca.

$$\%H_{relativa} = \frac{15,17_{(g)} - 5,67_{(g)}}{15,17_{(g)}} * 100$$

$$\%H_{relativa} = 62,62\%$$

7.2. Construcción de la curva de calibración a partir del patrón de quercetina

7.2.1. Contenido cápsula suplemento dietario quercetina

Figura 21.

Suplemento dietario.



Nota. Se utilizo un suplemento dietario como patrón para la construcción de la curva de calibración.

Figura 22. *Capsulas.*

Capsulas.



Nota. Cápsulas del suplemento dietario utilizadas como patrón para la construcción de la curva de calibración.

Tabla 9.

Contenido de cápsulas.

250 ppm Quercetina	
Cápsula	Contenido (g)
1	0,597
2	0,610
3	0,586
4	0,600
5	0,560
6	0,598
7	0,594
8	0,551
9	0,635
10	0,576
Promedio	0,591
Desviación estándar	0,024

Nota. Se pesaron 10 cápsulas para sacar el promedio del contenido de quercetina y así poder hacer una relación para realizar la construcción de la curva de calibración.

7.2.2. Relación composición quercetina – excipientes en las cápsulas de suplemento dietario

Tabla 10. *Composición de quercetina- excipientes en las cápsulas.*

Composición de quercetina- excipientes en las cápsulas.

Peso promedio(g)	Concentración cápsula promedio (g/kg)		Porcentaje de contenido	
	Quercetina	Excipientes	Quercetina	Excipientes
0,591	0,250	0,341	42%	58%
Contenido para una muestra menor a la cantidad de una cápsula				
0,040	0,017	0,023	42%	58%

Nota. De una cápsula del suplemento dietario el 42% del contenido es de quercetina y el 58% es de excipientes.

7.2.3. Cálculo de concentración de quercetina según los volúmenes implementados para la elaboración de la curva de calibración

Volumen total de la solución madre = 400 mL de etanol al 96%

Concentración suplemento dietario de quercetina implementada en solución madre=17 mg

$$\text{Concentración solución madre} = \frac{17 \text{ mg}}{0,4L}$$

Concentración solución madre = 42,301 ppm

Implementando la ecuación para el cálculo de la concentración

Ecuación 3.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Donde:

Volumen final V_2 de las diluciones = 100 mL etanol 96%.

Concentración final C_1 de las diluciones = 42,301 ppm.

Volumen inicial V_1 que se encuentra en la **Tabla 11**= 10 mL de solución madre

Concentración inicial de quercetina a calcular en cada dilución = C_2

Tabla 11.

Concentración VS Volumen.

Concentración ppm	Volumen mL
4,230	10
8,460	20
16,920	40
25,381	60
33,841	80
42,301	100

Nota. En la **Tabla 11.** Se evidencia la relación que existe entre el volumen implementado de la solución patrón y la concentración que posee cada una.

7.3. Absorbancia de curva de calibración

Tabla 12. *Concentración VS Absorbancia.*

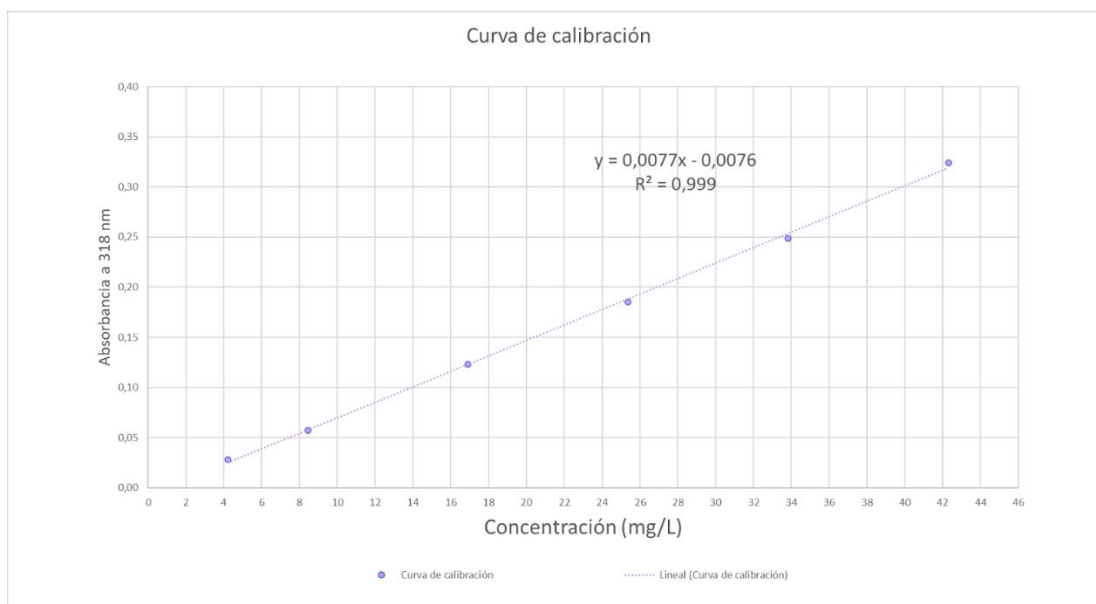
Concentración VS Absorbancia.

LONGITUD DE ONDA 318 nm	
CONCENTRACIÓN (ppm)	ABSORBANCIA
4,230	0,028
8,460	0,057
16,920	0,123
25,381	0,185
33,841	0,249
42,301	0,324

Nota. Con cada una de las concentraciones previamente establecidas se hacía la medición de la absorbancia en el espectrofotómetro UV-VIS a una longitud de 318nm.

Figura 23.

Curva de calibración.



Nota. Se grafican los datos de la **Tabla 12** con el fin de utilizar la ecuación de la recta para la cuantificación de los flavonoides de los extractos obtenidos en soxhlet como en ultrasonido.

7.4.Comparación y cuantificación de flavonoides.

Tabla 13.

Cuantificación de extractos soxhlet

CUANTIFICACIÓN EXTRACTO SOXHLET								
SOXHLET / [] del solvente	PESO (g)	P	[] ppm	ABS	Prom ([] ppm)	Prom (ABS)	Desviación estándar ([] ppm)	Desviación estándar (ABS)
70%	2,01	1	115,675	0,883	99,918	0,762	17,405	0,134
		2	115,935	0,885				
		3	115,805	0,884				
70%	0,98	1	84,117	0,64				
		2	84,247	0,641				
		3	83,727	0,637				
80%	2,12	1	31,519	0,235	66,455	0,504	37,279	0,287
		2	32,299	0,241				
		3	33,468	0,25				
80%	1,3	1	100,481	0,766				
		2	100,481	0,766				
		3	100,481	0,766				
90%	0,85	1	103,857	0,792	142,024	1,086	1,525	0,012
		2	103,987	0,793				
		3	104,117	0,794				
90%	1,03	1	101,13	0,771				
		2	101,779	0,776				
		3	100,87	0,769				

Nota. Se puede observar los resultados de la extracción soxhlet correspondiente a la concentración de los flavonoides dependiendo del porcentaje del solvente utilizado.

Tabla 14.

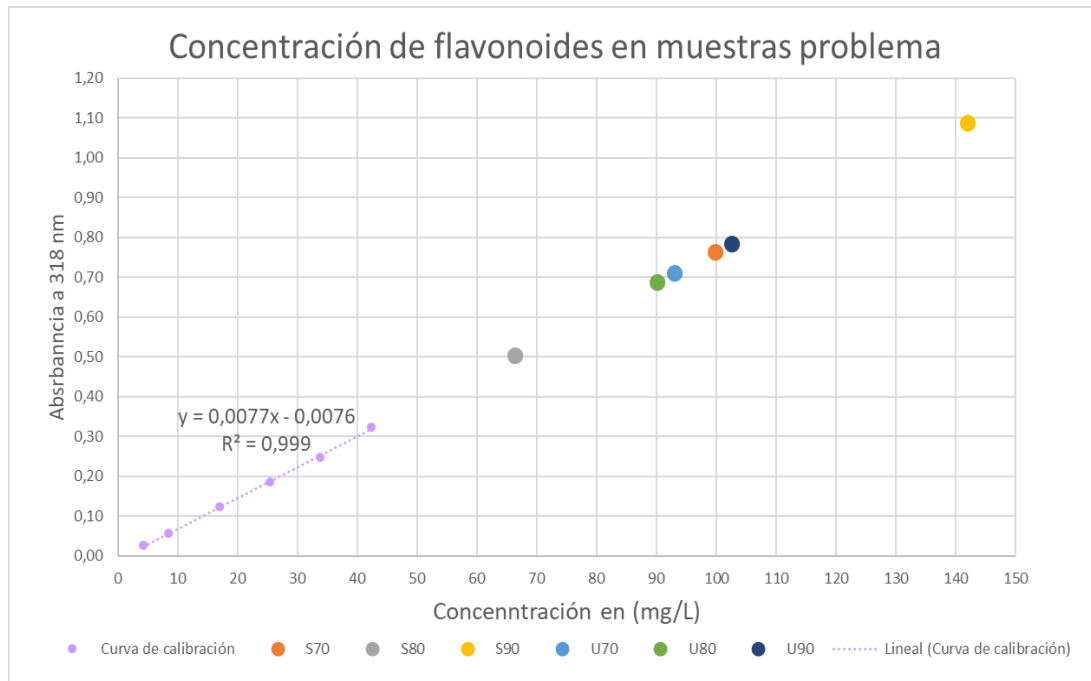
Cuantificación de extractos ultrasonido.

CUANTIFICACIÓN EXTRACTO ULTRASONIDO								
ULTRASONIDO / [] del solvente	PESO (g)	P	[] ppm	ABS	Prom ([] ppm)	Prom (ABS)	Desviación estandar ([] ppm)	Desviación estandar (ABS)
70%	0,8	1	91,909	0,7	93,056	0,709	2,686	0,018
		2	93,078	0,709				
		3	88,273	0,679				
70%	0,83	1	94,766	0,722				
		2	95,416	0,727				
		3	94,896	0,723				
80%	0,67	1	73,597	0,559	90,134	0,686	17,978	0,138
		2	73,727	0,56				
		3	73,857	0,561				
80%	0,68	1	105,935	0,808				
		2	107,234	0,818				
		3	106,455	0,812				
90%	0,85	1	103,857	0,792	102,623	0,783	1,525	0,012
		2	103,987	0,793				
		3	104,117	0,794				
90%	1,03	1	101,13	0,771				
		2	101,779	0,776				
		3	100,87	0,769				

Nota. Se puede observar los resultados de la extracción por ultrasonido correspondiente a la concentración de los flavonoides dependiendo del porcentaje del solvente utilizado.

Figura 24. Concentración de flavonoides.

Concentración de flavonoides.



Nota. En la curva de calibración se grafican los promedios de la absorbancia y concentración de flavonoides de las **Tabla 13** y **Tabla 14**.

7.5.Rendimiento

El rendimiento de extracción se calcula empleando la **Ecuación 4**.

Ecuación 4.

$$R = \frac{P_{BES} - P_{BS}}{PM} * 100$$

Tomado de: M. L. Soto Álvarez, “Extracción y purificación de compuestos fenólicos a partir de subproductos de destilería de vino,” Universidad de Vigo, 2015. [Online]. Disponible: <https://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/412> [62]

Donde:

P_{BES} → Peso en gramos del balón con el extracto soluble seco.

P_{BS} → Peso en gramos del balón seco.

PM → Peso en gramos de la muestra.

Tabla 15.

Rendimiento soxhlet.

SOXHLET					
PM (g)	[] del solvente	PBES (g)	PBS (g)	R (%)	Prom (R)(%)
15	70%	100,27	98,26	13,4	9,97
	70%	105,51	104,53	6,53	
	80%	96,04	93,92	14,13	11,4
	80%	120,33	119,03	8,67	
	90%	103,48	101,78	11,33	10,9
	90%	102,96	101,39	10,47	

Nota. Se hace uso de la **Ecuación 4** para calcular el rendimiento de la extracción de cada una de las concentraciones utilizadas del solvente en soxhlet.

Tabla 16.

Rendimiento ultrasonido.

ULTRASONIDO					
PM (g)	[] del solvente	PBES (g)	PBS (g)	R (%)	Prom (R)(%)
7,5	70%	105,79	104,99	10,67	10,87
	70%	104,61	103,78	11,07	
	80%	119,93	119,23	9,33	9,2
	80%	100,96	100,28	9,07	
	90%	115,21	114,36	11,33	12,53
	90%	97,5	96,47	13,73	

Nota. Se hace uso de la **Ecuación 4** para calcular el rendimiento de la extracción de flavonoides de cada una de las concentraciones utilizadas del solvente en soxhlet.

Tabla 17.

Comparación de variables.

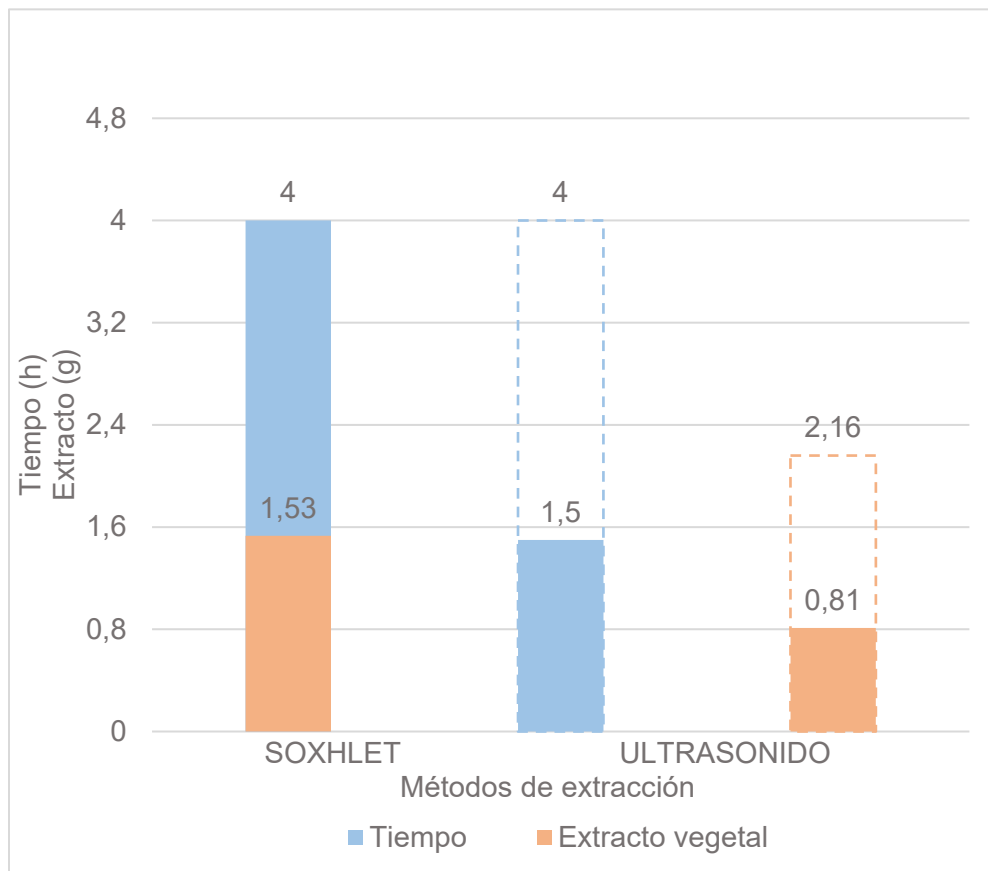
PARÁMETROS	SOXHLET	ULTRASONIDO	UNIDADES
Tiempo	4	1,5	h
Materia	15	7,5	g
Solvente	150	150	mL
Solvente con extracto	80	90	mL
Temperatura	60	40	°C
Extracto puro promedio por método	1,53	0,81	g
Desviación estándar (s)	0,46	0,13	g
Potencia enfriamiento	17	0	W
Caudal enfriamiento	1200	0	L/h
Potencia calentamiento	515	112,5	W
Potencia de secado	515	515	W

Nota. Se comparan los parámetros implementados en los dos métodos de extracción seleccionados.

7.6.Eficiencia de los métodos

Figura 25.

Comparación de tiempo, extracto vegetal y método de extracción.



Nota. Se comparan los factores de tiempo, extracto vegetal y método de extracción, con el fin de evidenciar cual es el proceso que tiene la mejor eficiencia para la extracción de flavonoides y la estimación de condiciones entre métodos.

Tabla 18.

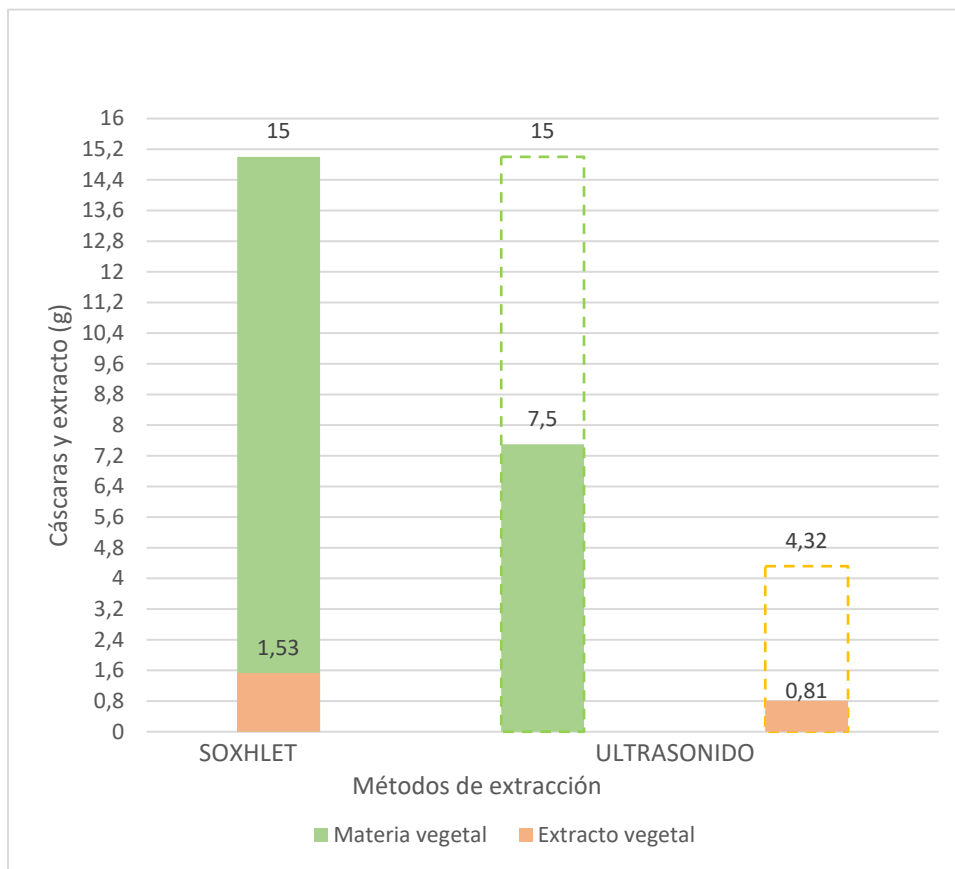
Estimaciones lineales en porcentajes Tiempo/extracto.

Datos reales		
Tiempo ultrasonido/soxhlet	62,50%	Ahorrado
Extracto ultrasonido/soxhlet	52,88%	Faltante
Datos estimados		
Tiempo ultrasonido/soxhlet	100%	0
Extracto ultrasonido/soxhlet	266,67%	2,16
Tiempo soxhlet/ultrasonido	144%	Excedido
Extracto soxhlet/ultrasonido	70,91%	Faltante

Nota. Estimaciones de las condiciones implementadas del método de extracción soxhlet en ultrasonido y viceversa.

Figura 26.

Material vegetal, extracto vegetal y método de extracción



Nota. Se comparan los factores respecto a la materia vegetal, extracto vegetal y método de extracción, con el fin de evidenciar cual es el proceso que tiene la mejor eficiencia para la extracción de flavonoides, y la estimación de condiciones entre métodos.

Tabla 19.

Estimaciones lineales en porcentajes cáscaras/extracto

Datos reales		
Cáscaras ultrasonido/soxhlet	50%	Ahorrado
Extracto ultrasonido/soxhlet	52,88%	Faltante
Datos estimados		
Cáscaras ultrasonido/soxhlet	100%	0
Extracto ultrasonido/soxhlet	533,33%	4,32
Cáscaras soxhlet/ultrasonido	106%	Excedido
Extracto soxhlet/ultrasonido	94,66%	Faltante

Nota. Estimaciones de las condiciones implementadas del método de extracción soxhlet en ultrasonido y viceversa.

8. ANÁLISIS

Al identificar las variables implementadas las cuales fueron, el tiempo, cantidad de muestra y pureza del solvente en cada uno de los procesos de extracción realizados, se puede evidenciar que, si se utiliza en la extracción por ultrasonido, el tiempo de 4 horas implementado en la extracción soxhlet; la cantidad de extracto estimado linealmente se incrementa 266,67% respecto a los gramos del extracto soxhlet. Dando como resultado que el método óptimo frente a la variable del tiempo y cantidad de extracto es Ultrasonido.

En el método de extracción soxhlet se utilizaron 15 g de cáscara de cebolla, basado en los antecedentes donde describe que este es el peso ideal, con relación al solvente utilizado; otra de las razones por el cual se decidió esta cantidad es que el cartucho que contiene la materia vegetal que es ingresado en la columna de destilación no generaba problema alguno para realizar su debido proceso. A diferencia en el método de extracción por ultrasonido se tuvo que disminuir la cantidad de muestra a 7,5 g dado que en el beaker utilizado no tenía un volumen mayor a 400 mL por muestra.

Si bien se utilizaron condiciones de operación distintas en los procesos de extracción se mantuvo una relación de materia vegetal y solvente para poder identificar y relacionar la cantidad de extracto obtenido. De esta manera se decidió identificar la cantidad de extracto que se podría obtener con diferentes cantidades de materia orgánica y la misma cantidad de solvente; es de esta forma que podemos afirmar que la cantidad de extracto es directamente proporcional con la cantidad de masa utilizada, por tanto, para poder evaluar más a fondo la selección del método, es importante analizar las demás variables implementadas.

Respecto a la pureza del solvente, se evaluaron 3 concentraciones diferentes las cuales son mencionadas anteriormente, estas concentraciones fueron escogidas basadas en los antecedentes donde se dice que se puede utilizar una concentración desde el 50% del solvente al 100% del mismo, entre mayor sea la concentración del solvente mayor será la afinidad con el metabolito a extraer, esto se puede evidenciar en los resultados obtenidos.

Dados los resultados se puede concluir que la concentración óptima en los dos métodos de extracción es la concentración del 90% debido a que los flavonoides tienen una solubilidad alta en el etanol logrando así que su extracción se dé fácilmente. Pero si se comparan tiempos de extracción y concentración de solvente, se puede evidenciar que no hay un cambio significativo en la concentración de 70% al 80%, esta diferencia de extracto obtenido, tanto en soxhlet y ultrasonido al 80% de etanol, se debe a que no se forma burbujas uniformemente durante el proceso de extracción.

En el proceso de soxhlet se pudo haber presentado este suceso, debido a que se presentaba una obstrucción constante por la cantidad de perlas de ebullición agregadas impidiendo la generación de burbujas las cuales contribuyen a la extracción del metabolito deseado.

En el caso de la extracción por ultrasonido se analiza este comportamiento y se identifica que la posible obstrucción y la distribución adecuada de las ondas dentro del equipo debido a que las ondas funcionan como propulsor de separación, así como las burbujas en la extracción soxhlet; también se identifica que la cantidad de muestras ingresadas en el mismo no permitió la eficiente separación de compuestos fenólicos de las cáscaras de cebolla.

Para la cuantificación de los flavonoides obtenidos en los diferentes extractos tanto de soxhlet como de ultrasonido, se realizó primero una curva de calibración con un suplemento dietario el cual contiene 250 mg de quercetina con el fin de saber, a qué concentración posee de flavonoides quercetina posee cada

Se construye una línea de tendencia a partir de la absorbancia vs la concentración de las diluciones de la quercetina; A partir, de la pendiente de la recta y su corte con la variable dependiente que es la concentración, podemos identificar la concentración en la cual se encuentra cada uno de los extractos vegetales obtenidos de los métodos de extracción implementados según la pureza del solvente.

Se realizaron mediciones a 3 longitudes de onda diferentes (198 nm, 258 nm, 358 nm) en donde se presenta una óptima absorción de la quercetina, es la longitud de onda es la de 358 nm; puesto es la que genera un comportamiento lineal, es decir, que a mayor concentración mayor absorbancia es obtenida.

Para estandarizar la medición de la concentración de los extractos se tomó una misma cantidad de cada extracto obtenido, donde cada alícuota fue diluida con etanol al 96%, para así proceder a su debida lectura de absorbancia a la longitud de onda de 358 nm. Dando como resultado que la concentración de los extractos, tanto de soxhlet, como ultrasonido se encuentran por encima de la curva de calibración, debido a que la curva de calibración se realizó hasta una concentración de 42,301 ppm, se evidencia que los extractos contienen una mayor concentración de flavonoide quercetina como era lo esperado.

Teniendo en cuenta que el patrón utilizado no es completamente puro debido a que su accesibilidad en el mercado es muy compleja, la quercetina pura en Colombia no se encuentra en casas distribuidoras ni productoras, por tanto, para realizar un proceso de importación de 10 g de quercetina al 95% de pureza; se analiza un costo aproximado de \$262.011 COP sin incluir los costos de envío, los cuales tardan alrededor de un mes de importar el producto a Colombia [63]

Comparando las variables de tiempo, pureza del solvente, cantidad de extracto obtenido y método implementado se puede evidenciar que el proceso óptimo para la extracción de flavonoides quercetina es la extracción al 90% por ultrasonido. Sin embargo, al evaluar la viabilidad económica del solvente utilizado, y la relación entre producto y tiempos de producción, se escoge la pureza del 70%. Dado que con esta concentración y con un tiempo adecuado, el método sería el más óptimo para la extracción de los flavonoides, dado que tiene un rendimiento 10,87% del proceso alcanza una concentración del 93,056 ppm, lo que quiere decir, que para suplir la cantidad de extracto requerido se hará por repetibilidad del proceso logrando así una extracción eficiente y rentable.

A partir de la información recolectada experimentalmente, y teniendo en cuenta que la concentración de flavonoides quercetina en una porción comestible de 100 g es de 20,3 mg [4]; es evidente que la concentración en las capas carnosas de la cebolla de bulbo es menor a la obtenida experimentalmente en las cáscaras de la misma, por tanto, se considera apropiado tener en cuenta la materia vegetal desechada como son los bulbos que no completaron su etapa de maduración y las capas carnosas que no se encuentran contaminadas, para ser implementados en el proceso de extracción. De esta manera es posible aprovechar aún más la materia vegetal recolectada que es considerada residuo

9. DISEÑO CONCEPTUAL

Base de cálculo para el diseño conceptual de una planta de extracción por ultrasonido de flavonoides a partir de la cáscara de cebolla *Allium cepa*.

9.1. Producción de cebolla anual en el municipio de Cundinamarca

Tabla 20.

Producción anual de cebolla en Cundinamarca.

Criterio	Cantidad	Unidad
Peso cebolla anual	60000	ton
	60000000000	g
Cáscara anual	4666666667	g
Cáscara mensual	388888888,9	g
Cáscara semanal	97222222,22	g
Cáscara diaria	13888888,89	g
Cáscara hora	578703,7037	g
Total, de materia vegetal útil recolectada diariamente	6172,84	g

Nota. Se presenta la producción de cáscara de cebolla anual, mensual, diaria y por hora en el municipio de Cundinamarca. **Elaboración propia en base** a DANE, “El cultivo de la cebolla cabezona (*Allium cepa* L.) frente a condiciones de alta humedad,” *Boletín Mens. INSUMOS Y FACTORES Asoc. A LA Prod.*, vol. 49, p. 97, 2016, [Online]. Disponible: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_jul_2016.pdf [64]

9.2. Clasificación de material vegetal encontrado en una canastilla de cebollas de bulbo

Tabla 21.

Clasificación de material vegetal en una canastilla de cebollas de bulbo.

Criterio	Cantidad	Unidad	Comentario
Peso cebolla	250	G	
capacidad canastilla	30000	G	
Total de cebollas por canastilla	120		
Peso cáscara de cebolla	6	G	
Cantidad tierra en cebolla	0,06		1% peso de las cáscaras
Peso tierra en cebolla	0,0006	G	
Canastillas evaluadas	3		
Total de cebollas	360		
Peso total cebolla	90000	G	
Peso de cáscaras recogidas	7000	G	
Total de materia vegetal útil recolectada	40	G	

El siguiente cálculo está diseñado para implementar todas las cáscaras una vez clasificadas y separadas de las que poseen una contaminación microbiológica; por otra parte, teniendo en cuenta que, en algunas circunstancias, capas carnosas son separadas del bulbo y clasificadas como cáscaras, se plantea utilizar un proceso de secado para incluir las capas carnosas de la cebolla dentro del proceso de extracción.

9.3. Características fisicoquímicas de los compuestos a utilizar en el proceso de extracción

Tabla 22.

Propiedades fisicoquímicas de las materias primas.

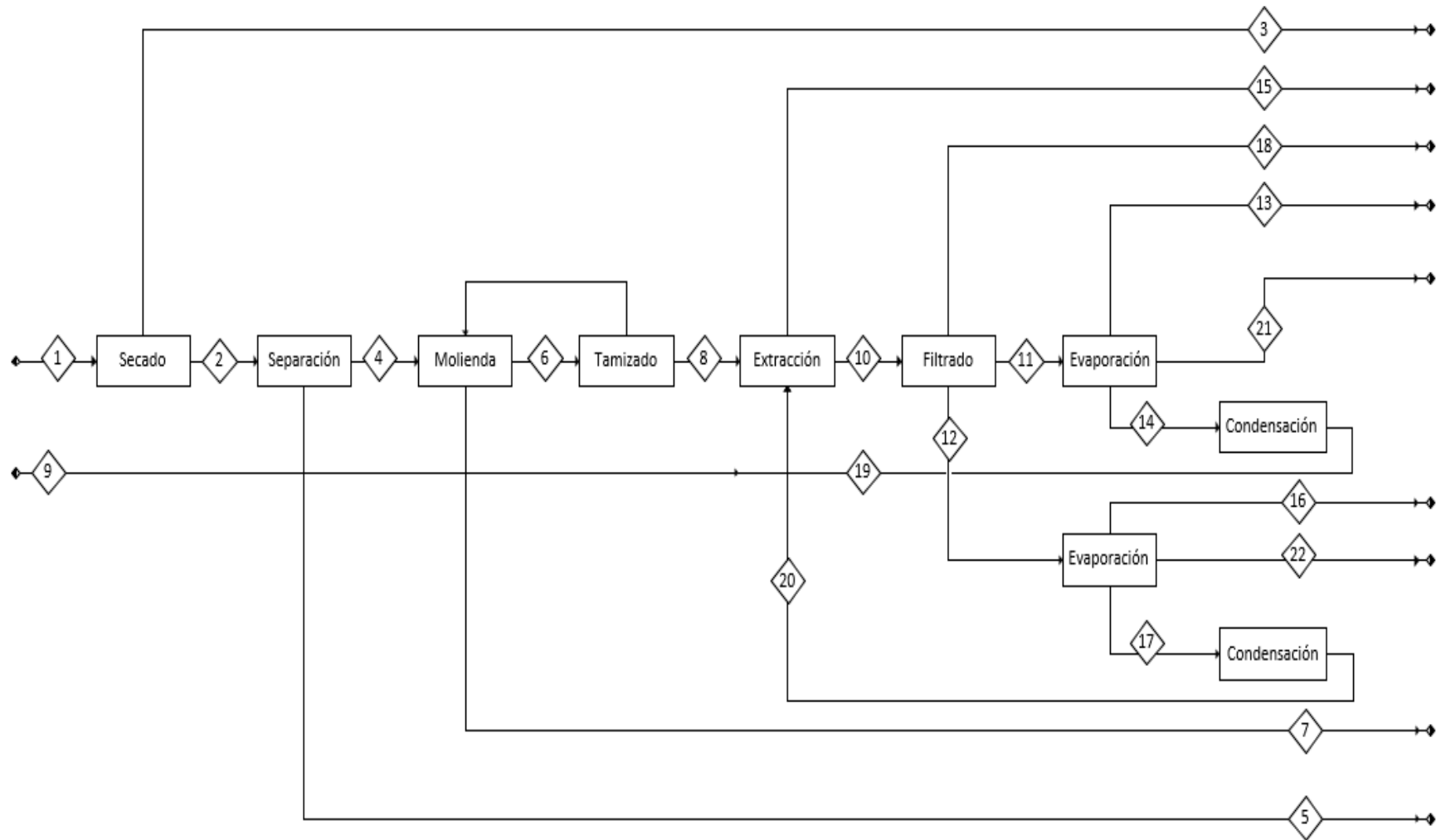
Criterio	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Densidad del etanol	772,5	kg/m ³	0,7725	g/mL
Densidad del agua	988,75	kg/m ³	0,98875	g/mL
Densidad de etanol 70%	837,375	kg/m ³	0,837375	g/mL
Densidad extracto cebolla	1160	kg/m ³	1,16	g/mL

Elaboración propia en base a Kingherbs Limited, “Extracto de la Cebolla de alta calidad de un 10% 40% de la quercetina,” *Made in China*, 2020. [Online]. Available: https://es.made-in-china.com/co_kingherbs/product_High-Quality-Onion-Extract-10-40-Quercetin_ruonnsshtml. [65]

9.4.Diagrama de bloques

Figura 27.

Diagrama de bloques del proceso de extracción.



9.4.1. Composición corriente salida extractor

Tabla 23.

Corriente 10.

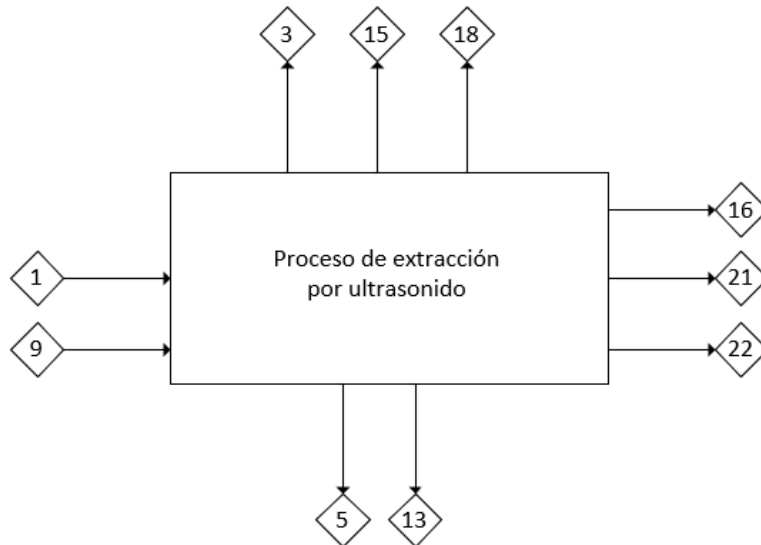
Corriente	Descripción	Porcentaje %
10	Materia vegetal con solvente	0,088
	Solvente con extracto vegetal	99,910
	Pérdidas de solvente	0,002

Nota. La corriente 10 se encuentra compuesta por materia vegetal con solvente, solvente con extracto vegetal y sus debidas pérdidas.

9.4.2. Balance de masa global

Figura 28.

Balance de masa global.

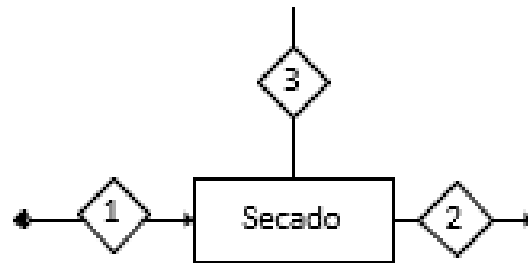


9.4.2.a. Balance de materia por proceso

9.4.2.a.i. Secado

Figura 29.

Balance de operación de secado.



Ecuación 5.

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3$$

\dot{m}_3 Se refiere al contenido de agua extraído de las cáscaras por medio del proceso de secado.

Se afirma que la misma cantidad de cáscaras ingresadas es la misma cantidad de cáscaras a la salida del proceso de secado, con la diferencia que ya no posee agua; se tuvo en cuenta el porcentaje de humedad relativa presente en las cáscaras. Por tanto

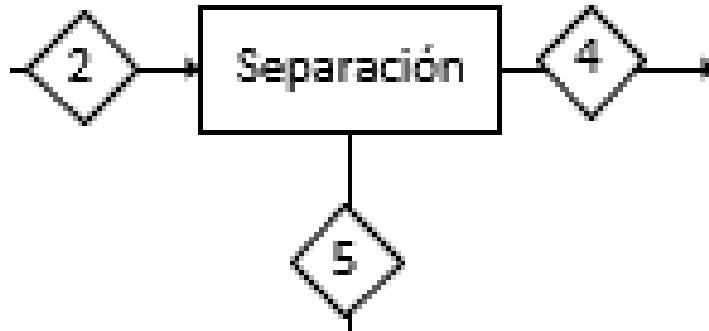
Ecuación 6.

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

9.4.2.a.ii. Separador de sólidos

Figura 30.

Balance de operación de separación de sólidos.



Ecuación 7.

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_4 + \dot{m}_5$$

\dot{m}_5 Se refiere al contenido de impurezas presentes en las cáscaras por medio del proceso de separación por un tamiz vibratorio con una malla de 400 orificios o más.

Se afirma que la misma cantidad de cáscaras ingresadas es la misma cantidad de cáscaras a la salida del proceso de tamizado, con la diferencia que ya no posee tierra; se tuvo en cuenta el porcentaje de tierra presente en las cáscaras. Por tanto

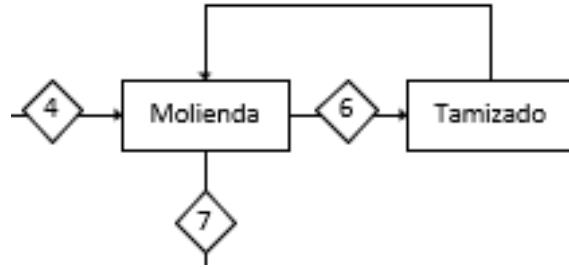
Ecuación 8.

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_4$$

9.4.2.a.iii. Molienda

Figura 31.

Balance de operación de molienda.



Ecuación 9.

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_6 + \dot{m}_7$$

\dot{m}_7 Se refiere a las posibles pérdidas de materia vegetal en el proceso de molienda con el fin de obtener una reducción de tamaño.

Se afirma que la misma cantidad de cáscaras ingresadas es la misma cantidad de cáscaras a la salida del proceso de tamizado, con la diferencia que ya no poseen tierra; se tuvo en cuenta el porcentaje de tierra presente en las cáscaras. Por tanto

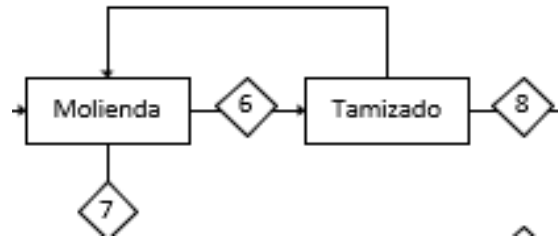
Ecuación 10.

$$\dot{m}_6 = \dot{m}_4 - (\dot{m}_4 * \% \text{ pérdida de materia vegetal})$$

9.4.2.a.iv. Tamizado

Figura 32.

Balance de operación de tamizado.



Ecuación 11.

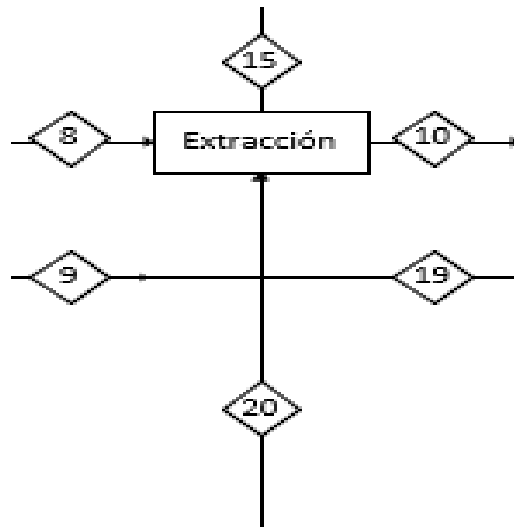
$$\dot{m}_6 = \dot{m}_8$$

En el proceso de tamizado no se estiman pérdidas de material, debido a que, la materia vegetal que no cumple con el diámetro de partícula llevado nuevamente al proceso de molienda, de lo contrario, el material es dirigido al proceso de extracción.

9.4.2.a.v. Extracción

Figura 33.

Balance de operación de extracción.



Ecuación 12.

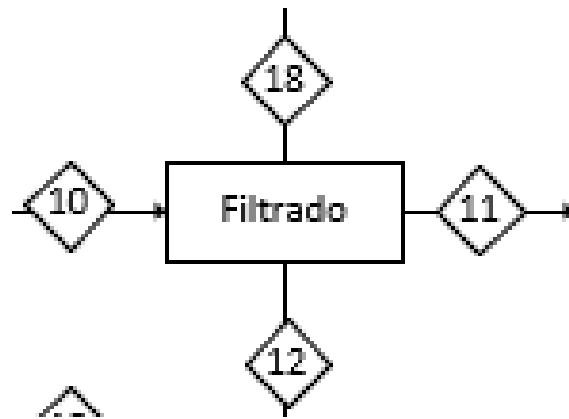
$$\dot{m}_8 + \dot{m}_9 + \dot{m}_{19} + \dot{m}_{20} = \dot{m}_{10} + \dot{m}_{15}$$

En la entrada del proceso de extracción se tiene en cuenta tanto la entrada de cáscaras como de etanol puro y recuperado en el proceso de evaporación para así obtener la mezcla de materia vegetal, etanol, extracto vegetal y las pérdidas de etanol por evaporación ya que el proceso se lleva a cabo abiertamente.

9.4.2.a.vi. Filtración

Figura 34.

Balance de operación de filtración.



Ecuación 13.

$$\dot{m}_{10} = \dot{m}_{11} + \dot{m}_{12} + \dot{m}_{18}$$

La corriente \dot{m}_{11} corresponde a la materia vegetal con etanol y \dot{m}_{12} corresponde a la corriente que contiene etanol con el extracto vegetal y \dot{m}_{18} a las pérdidas de etanol que existen por evaporación.

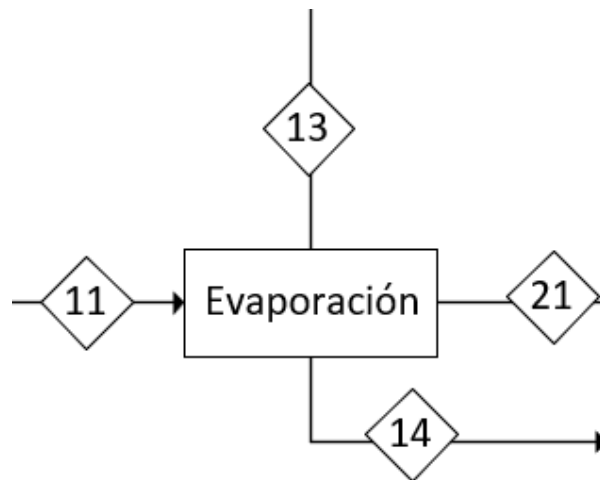
9.4.2.a.vii.Evaporación

En este proceso se tiene en cuenta el porcentaje de recuperación de solvente por parte del equipo, el cual se estima que es el 40% solo si el etanol a recuperar es superior a 20L. (según el flujo de las corrientes de este diseño, no es necesario).

Etanol en materia vegetal

Figura 35.

Balance de operación de evaporación.



Ecuación 14.

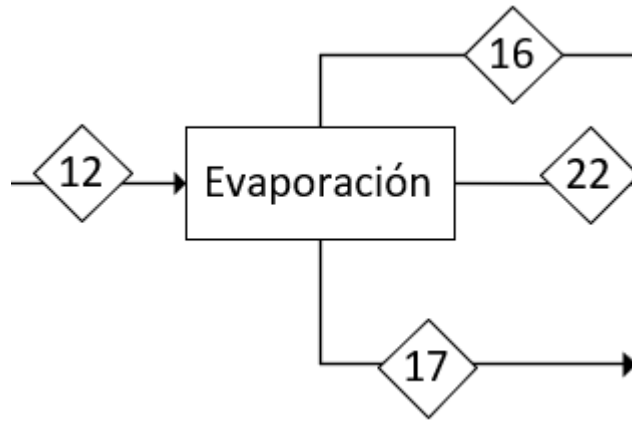
$$\dot{m}_{11} = \dot{m}_{13} + \dot{m}_{14} + \dot{m}_{21}$$

\dot{m}_{13} Se refiere a la corriente que posee la materia vegetal utilizada, \dot{m}_{14} representa la corriente de etanol que se busca recuperar, \dot{m}_{21} que se supone perdido por la capacidad de recuperación del solvente del equipo.

Etanol en extracto vegetal

Figura 36.

Balance de operación de evaporación.



Ecuación 15.

$$\dot{m}_{12} = \dot{m}_{16} + \dot{m}_{17} + \dot{m}_{22}$$

\dot{m}_{16} Se refiere a la corriente que posee el extracto vegetal, \dot{m}_{14} representa la corriente de etanol que se busca recuperar, \dot{m}_{21} que se supone perdido por la capacidad de recuperación del solvente del equipo.

Para calcular la cantidad de flavonoides extraídos, se implementa el rendimiento (10%).

Ecuación 16.

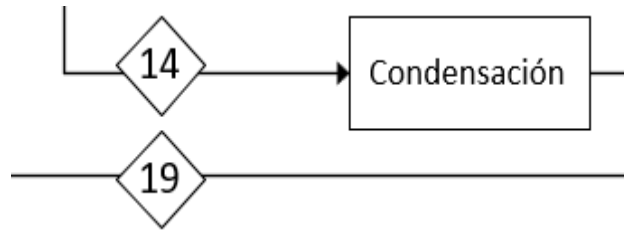
$$\dot{m}_{16} = \dot{m}_8 * \text{Rendimiento}$$

9.4.2.a.viii. Condensación

Etanol en materia vegetal

Figura 37.

Balance de operación de condensación.



Ecuación 17.

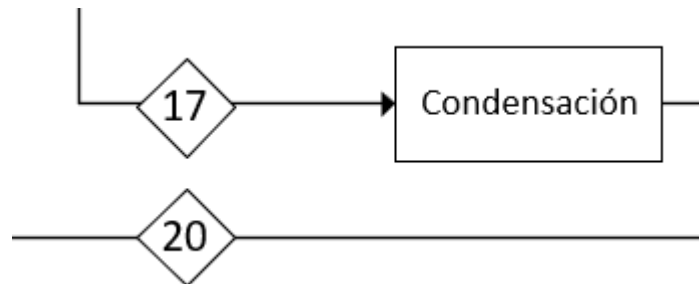
$$\dot{m}_{14} = \dot{m}_{19}$$

Siendo un sistema cerrado, se afirma que la cantidad de solvente evaporado en la corriente \dot{m}_{14} es igual a la corriente condensada de solvente recuperado \dot{m}_{19} .

Etanol en extracto vegetal

Figura 38.

Balance de operación de condensación.



Ecuación 18.

$$\dot{m}_{17} = \dot{m}_{20}$$

Siendo un sistema cerrado, se afirma que la cantidad de solvente evaporado en la corriente \dot{m}_{17} es igual a la corriente condensada de solvente recuperado \dot{m}_{20} .

9.4.3. *Balance de materia expresado por corrientes del proceso*

Tabla 24.

Balance de materia por corrientes del proceso

	Condiciones	Cáscaras	Agua	Impurezas	Etanol 70%	Extracto	Presión	Temperatura	Fase
	Unidades	kg/h	kg/h	kg/h	L/h	kg/h	Atm	°C	
CORRIENTES	1	6,173	0	0	0	0	0,56	20	Sólido
	2	2,346	0	0	0	0	0,56	60	Sólido
	3	0	3,827	0	0	0	0,56	60	Vapor
	4	2,205	0	0	0	0	0,56	20	Sólido
	5	0	0	0,141	0	0	0,56	20	Sólido
	6	2,183	0	0	0	0	0,56	20	Sólido
	7	0,022	0	0	0	0	0,56	20	Sólido
	8	2,183	0	0	0	0	0,56	20	Sólido
	9	0	0	0	43,658	0	0,56	40	Líquido
	10	1,947	0	0	43,658	0,236	0,56	40	Mezcla heterogénea
	11	1,947	0	0	17,181	0	0,56	20	Mezcla heterogénea
	12	0	0	0	25,913	0,236	0,56	20	Mezcla heterogénea
	13	1,947	0	0	0	0	0,56	60	Sólido
	14	0	0	0	17,181	0	0,56	60	Vapor
	15	0	0	0	0,485	0	0,56	60	Vapor
	16	0	0	0	0	0,236	0,56	60	Sólido
	17	0	0	0	25,913	0	0,56	60	Vapor
	18	0	0	0	0,078	0	0,56	60	Vapor
	19	0	0	0	17,181	0	0,56	20	Líquido
	20	0	0	0	10,365	0	0,56	20	Líquido
	21	0	0	0	0	0	0,56	60	Vapor
	22	0	0	0	15,548	0	0,56	60	Vapor

9.4.4. Selección de equipos

9.4.4.a. Secado

El deshidratador de alimentos posee una estructura 100% de acero inoxidable, que garantiza un secado homogéneo utilizando un aislante térmico de lana mineral de 4 centímetros de espesor.

Figura 39.

Horno deshidratador de frutas.



Fuente: EXHIBIR horno deshidratador de alimentos de 15 bandejas. Tomado de: Exhibir, “Horno deshidratador de frutas 15 bandejas,” *Exhibir*, 2022. [Online]. Disponible: <https://exhibirequipos.com/producto/horno-deshidratado-15-bandejas/> [66]

Tabla 25.

Ficha técnica horno deshidratador.

Característica	valor	Unidad
Capacidad	80	kg
Área de secado	4,38	m ²
Dimensiones	0,63 x 0,85 x 2	m ³
Consumo de energía	2,4	kW
Temperatura	15 - 70	°C

Fuente: EXHIBIR horno deshidratador de alimentos de 15 bandejas. Tomado de: Exhibir, “Horno deshidratador de frutas 15 bandejas,” *Exhibir*, 2022. [Online]. Disponible: <https://exhibirequipos.com/producto/horno-deshidratado-15-bandejas/> [66]

9.4.4.b.Tamizado

Separador que consta de movimientos oscilatorios (vibraciones) para retirar todo tipo de impurezas, o costras presentes en el producto por medio de una malla con orificios que permite recolectar las impurezas por la parte inferior del equipo.

Figura 40.

VSM 450 1/Y



Fuente: CERTECH, “Tamiz vibratorio VSB 450 1/Y,” *CERTECH*, 2022. [Online]. Disponible: <https://www.cerotech.it/sistemas-de-esmaltado/tamiz-vibratorio/?lang=es> [67]

Tabla 26.

Ficha técnica VSM 450 1/Y

Característica	valor	Unidad
Capacidad	27	kg
Potencia	0,18	kW
Dimensiones	0,104	m2
malla	450	

Fuente: CERTECH, “Tamiz vibratorio VSB 450 1/Y,” *CERTECH*, 2022. [Online]. Disponible: <https://www.cerotech.it/sistemas-de-esmaltado/tamiz-vibratorio/?lang=es> [67]

Figura 41.

GRS 600 – 800 - 900.



Fuente: CERTECH, “Tamiz vibratorio GRS 600 - 800 - 900,” *CERTECH*, 2022. [Online]. Disponible : <https://www.cerotech.it/sistemas-de-esmaltado/tamiz-vibratorio/?lang=es> [68]

Tabla 27.

Ficha técnica GRS 600 – 800 - 900.

Característica	Valor	Unidad
Capacidad	200	kg
Potencia	0,73	kW
Dimensiones	0,264-0,587	m2
malla	600-800-900	

Fuente: CERTECH, “Tamiz vibratorio GRS 600 - 800 - 900,” *CERTECH*, 2022. [Online]. Disponible : <https://www.cerotech.it/sistemas-de-esmaltado/tamiz-vibratorio/?lang=es> [68]

9.4.4.c.Molienda

Para el proceso de disminución del diámetro de partícula de la materia vegetal se implementa un molino pulverizador de acero inoxidable el cual permite modificar la textura de la molienda.

Figura 42.

Molino pulverizador ref. 10134 IMACA.



Fuente: Imaca, “Molino pulverizador,” *Distribuidora Imaca C.A.*, 2015. [Online]. Disponible: <http://imarca.com.ve/Molino-pulverizador.php>[69]

Tabla 28.

Ficha técnica Molino pulverizador ref. 10134 IMACA.

Característica	Valor	Unidad
Capacidad	30	kg
Potencia	1,5	kW
Voltaje	220	V
Velocidad	1500	rpm
Dimensiones	0,75x34x37	cm
Peso	33	kg

Fuente: Imaca, “Molino pulverizador,” *Distribuidora Imaca C.A.*, 2015. [Online]. Disponible: <http://imarca.com.ve/Molino-pulverizador.php>[69]

9.4.4.d. Extracción ultrasonido

Este sistema de extracción está diseñado para funcionar en condiciones extremas de operación tales como, expuesto a la suciedad, temperatura, humedad, entre otros. Este equipo está diseñado con materiales tales como titanio y acero inoxidable; por otra parte, la frecuencia de las oscilaciones lo hace un equipo viable para el proceso de extracción.

Figura 43.

UIP4000hdT – Ultrasonido de alto rendimiento de 4kW.



Fuente: Hielscher, “Ultrasonido de alto rendimiento,” *Hielscher Ultrasound Technology*, 2019. [Online]. Disponible: <https://www.hielscher.com/es/uiip4000hdt-4kw-high-performance-ultrasonics.htm> [70]

Tabla 29.

Ficha técnica 30. UIP4000hdT – Ultrasonido de alto rendimiento de 4kW.

Característica	Valor	Unidad
Capacidad	10-100	L
Tasa de flujo	2-10	L/min
Potencia	4	kW
Voltaje	220	V
Amplitud	200	µm

Fuente Hielscher, “Ultrasonido de alto rendimiento,” *Hielscher Ultrasound Technology*, 2019. [Online]. Disponible: <https://www.hielscher.com/es/uip4000hdt-4kw-high-performance-ultrasonics.htm> [70]

9.4.4.e. Filtrado

Implementado principalmente para la separación entre líquidos y sólidos en la producción fármaco-alimenticia, diseñado con acero inoxidable, tiene la capacidad de ser implementado a nivel laboratorio.

Figura 44.

BECO-COMPACT PLATE A400 SF/ASF.



Fuente: Eaton, “Filtro de platos y marcos BECO COMPACT PLATE A400,” Nettersheim, Germany, 2018. [Online]. Disponible: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/filtration-solutions/filter-systems-and-strainers/filters-and-strainers/sheet-filter-systems/beco-compact-plate-a400/Eaton-BECO-COMPACT-PLATE-A400-TechnicalDataSheet-EN.pdf>[71]

Tabla 30.

BECO-COMPACT PLATE A400 SF/ASF.

Característica	valor	Unidad
Capacidad	40	L
Área de filtro por hoja	0,14	m ²
Dimensiones	3,92	m ²
Presión Operacional	87	Psi
Presión Diferencial	58	Psi
Marcos	14	
Temperatura máxima de operación	121	°C
Potencia bomba	0,37	Kw

Fuente: Eaton, “Filtro de platos y marcos BECO COMPACT PLATE A400,” Nettersheim, Germany, 2018. [Online]. Disponible:

<https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/filtration-solutions/filter-systems-and-strainers/filters-and-strainers/sheet-filter-systems/beco-compact-plate-a400/Eaton-BECO-COMPACT-PLATE-A400-TechnicalDataSheet-EN.pdf> [71]

9.4.4.f.Evaporación y condensación

Este equipo tiene la capacidad para recuperar 20 L de solvente con un sello giratorio compuesto de doble teflón y caucho fluorado que garantiza un alto vacío; además de que ofrece una temperatura precisa y confiable y el control de la presión de vapor sin afectar el vacío del sistema.

Figura 45.

Modelo WEV-1050 rotaevaporador de 50 L.



Fuente: Daihan Scientific, “Rotaevaporador 50 litros WEV-1050,” *Quimicompany*, 2017. [Online]. Disponible: https://quimicompany.com.co/Fichastecnicas/Rotaevaporador_50_litros_DH.WEV0100.pdf [72]

Tabla 31.

Ficha técnica Modelo WEV-1050 rotaevaporador de 50 L.

Característica	valor	Unidad
Velocidad	0-120	Rpm
Capacidad matraz rotativo	50	L
Capacidad balón recolector	20	L
Potencia	5	kW
Tasa de vacío	0,058	Psi
Dimensiones	1,3 x 0,7 x 2,1	M

Fuente: Daihan Scientific, “Rotaevaporador 50 litros WEV-1050,” *Quimicompany*, 2017. [Online]. Disponible: https://quimicompany.com.co/Fichastecnicas/Rotaevaporador_50_litros_DH.WEV0100.pdf [72]

10. ANÁLISIS DE COSTO DE PROCESO

10.1. Estimación de costos de proceso

Para realizar un análisis de estimación de costos de proceso es necesario establecer el alcance del proyecto. Los costos de inventario, y almacenamiento serán excluidos del análisis, así como también se excluye el valor de mano de obra, valor del inmueble donde se ubica la planta, equipos de servicio, auxiliares y conexiones (debido a que los equipos auxiliares se encuentran instalados dentro de los equipos de proceso analizados), costos de recolección y clasificación de cáscaras, costos de importación de los equipos.

Teniendo en cuenta la información implementada en la matriz de decisión para la selección del solvente, y que no hay un estándar de precio de residuos sólidos puesto que se consideran desechos únicamente se agregan las cotizaciones de reactivos y de los equipos en el apartado de anexos.

Teniendo que la base de cálculo parte de 60.000 ton/año de cebollas que se reflejan en el proceso propuesto como 6,17 kg/h de cáscaras de cebolla de bulbo en aptas condiciones donde se plantean horas de trabajo continuas con 21 días de trabajo al mes; es posible calcular la cantidad de energía necesaria mensualmente

El valor de cada uno de los equipos se presentan a continuación con el incremento sugerido por incoterm CIF de los equipos correspondientes que según Acciones & valores [73], es el 74,3% de incremento para combustibles e industrias extractivas; este incremento es aplicado para los equipos que deben ser importados como es el extractor ultrasonido y el filtro. Estos incrementos varían la precisión en las estimaciones de costos de inversión, así como el desarrollo del proyecto influye en el costo del mismo. Basándonos en nuestro alcance, los costos de inversión del proyecto pueden variar en un 40%. [74]

Tabla 32.

Precio de los equipos en pesos colombianos.

Equipo	Valor	Valor con el %CIF incluido
EXHIBIR horno deshidratador de alimentos de 15 bandejas	\$ 3.316.481,27	-
VSM 450 1/Y	\$ 4.656.482,00	-
Molino pulverizador ref. 10134 IMACA	\$ 6.862.184,00	-
GRS 600 – 800 – 900	\$ 4.656.482,00	-
UIP4000hdT – Ultrasonido de alto rendimiento de 4kW	\$ 58.818.720,00	\$ 101.991.660,48
BECO-COMPACT PLATE A400 SF/ASF	\$ 9.803.120,00	\$ 16.998.610,08
WEV-1050 rotaevaporador de 50 L	\$ 29.893.223,76	-

Nota. Se presentan los precios de cada equipo en pesos colombianos.

Los equipos que no poseen un incremento por el porcentaje CIF son aquellos que están disponibles en el país y no incluyen los costos de importación; Sin embargo, no es una ventaja puesto que el extractor por ultrasonido debe ser traído de otra nacionalidad y es necesario contratar una empresa aduanera que verifique la veracidad del proceso.

10.2. Costos energéticos

El costo del servicio energético se calcula a partir del consumo de los equipos que requieren el servicio. Para el mes de noviembre en la ciudad de Bogotá la empresa prestadora de servicio energético ENEL establece una tarifa fija para industrias y comercio de \$808, 864 \$/kWh las cuales se pueden apreciar a profundidad en el apartado de anexos.

Tabla 33. C

Costo de kWh.

Servicio	Unidad	Valor
Electricidad	\$/kwh	808,8646

Nota. Se presentan el precio de electricidad kW*h en la ciudad de Bogotá D.C. **Elaboración propia basada en ENEL**, “Tarifas de energía eléctrica (\$/kWh) Reguladas por la comisión de regulación de energía y gas (CREG) noviembre 2022,” Bogotá, Colombia, 2022. [Online]. Disponible: <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/español/personas/1-17-1/2022/tarifario-noviembre-2022.pdf>[75]

Teniendo en cuenta que nuestro proceso es continuo, se plantea un flujo inicial de materia vegetal de 6,17 kg/h; sin embargo, la capacidad del horno de secado es mayor (80 kg) por lo que en nuestro posible es posible implementar un flujo mayor sin afectar la cantidad de lotes propuestos en un día de producción (9 lotes) y es posible implementar las horas muertas marcadas con tonalidad blanco para el aprovechamiento de limpieza de equipos con el fin de que no exista contaminación cruzada entre lotes.

A continuación, se presenta un diseño de diagrama de Gantt donde se identifica un lote de producción por tonalidades y los tiempos muertos se identifican por los espacios en blanco entre lotes. La operación de secado tarda dos horas, las etapas de separación de impurezas, molienda y tamizado se realizan en 1 hora, la extracción de flavonoides tarda 1,5 horas y las 0,5 horas restantes se implementa en el filtrado de líquidos sólidos que involucra solvente, extracto y materia vegetal; por último, la evaporación y condensación del solvente tardan 2 horas en completarse.

Figura 46.

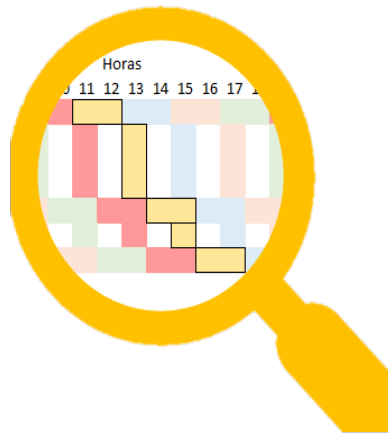
Diagrama de Gantt.

PROCESO	HORAS																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0
Secado	Yellow	Yellow	Light Blue	Light Blue	Light Orange	Light Orange	Light Green	Light Green	Light Red	Light Red	Yellow	Yellow	Light Blue	Light Blue	Light Orange	Light Orange	Light Green	Light Green	Light Red	Light Red	Yellow	Yellow	Light Blue	Light Blue
Separación	Light Blue		Yellow		Light Blue		Light Orange		Light Green		Light Red		Yellow		Light Blue		Light Orange		Light Green		Light Red		Yellow	
Molienda	Light Blue		Yellow		Light Blue		Light Orange		Light Green		Light Red		Yellow		Light Blue		Light Orange		Light Green		Light Red		Yellow	
Tamizado	Light Blue		Yellow		Light Blue		Light Orange		Light Green		Light Red		Yellow		Light Blue		Light Orange		Light Green		Light Red		Yellow	
Extracción	Yellow	Light Blue	Light Blue	Yellow	Light Blue	Light Blue	Light Orange	Light Green	Light Green	Light Red	Light Red	Yellow	Yellow	Light Blue	Light Blue	Light Orange	Light Orange	Light Green	Light Green	Light Red	Light Red	Yellow		
Filtración	Yellow		Light Blue		Yellow		Light Blue		Light Orange		Light Green		Light Red		Yellow		Light Blue		Light Orange		Light Green		Light Red	
Condensación y evaporación	Light Red	Yellow	Yellow	Light Blue	Light Blue	Yellow	Yellow	Light Blue	Light Blue	Light Orange	Light Orange	Light Green	Light Green	Light Red	Light Red	Yellow	Yellow	Light Blue	Light Blue	Light Orange	Light Orange	Light Green	Light Green	Light Red

Nota. El diagrama de Gantt representa un día operacional con una jornada de 24 horas.

Figura 47.

Visualización de lote.



Nota. La imagen indica la producción de un lote completo.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta los costos energéticos que genera cada uno de los equipos involucrados en el proceso de extracción. En la **Tabla 34.** evidencian los costos de consumo de energía eléctrica de cada operación diaria y mensualmente.

Tabla 34.

Costo energético por equipo.

Operación	Costo diario COP	Unidad	Costo mensual COP	Unidad
Secado	\$ 46.590,60	\$/día	\$ 978.402,62	\$/mes
Separador impurezas	\$ 3.494,30	\$/día	\$73.380,20	\$/mes
Molienda	\$ 29.119,13	\$/día	\$ 611.501,64	\$/mes
Tamizado	\$ 14.171,31	\$/día	\$ 297.597,46	\$/mes
Extracción	\$ 77.651,00	\$/día	\$1.630.671,03	\$/mes
Filtración	\$ 7.182,72	\$/día	\$150.837,07	\$/mes
Evaporación y condensación	\$97.063,75	\$/día	\$2.038.338,79	\$/mes

Nota. Se calcula el costo del gasto de energía por equipo implementado en el proceso de extracción de flavonoides tanto por día como mensual.

Los costos de etanol según la matriz de decisión de \$10.000 COP el litro; y la cantidad de etanol requerido diariamente para producir 9 lotes, son necesarios 190 L aproximadamente implementando el etanol recuperado del proceso de condensación para introducirlo nuevamente al proceso de extracción y mezclarlo con etanol puro; esta cantidad tiene un valor aproximado de \$1'900.000 COP diarios.

Implementando la base de cálculo a partir de la producción de cebolla anual por departamentos y la capacidad de los equipos, se puede evidenciar que la capacidad diseñada es inferior a la instalada y en tal caso de que el flujo de materia se incremente, el diseño conceptual del proceso puede cumplir con las expectativas de producción incrementadas sin problemas.

Teniendo en cuenta que la materia prima vegetal como son las cáscaras de cebolla de bulbo, y que el peso de las mismas individualmente es insignificante, se plantea la posibilidad de utilizar el resto de materia vegetal carnosa de las capas de la cebolla, que en ocasiones es retirada y que también posee flavonoides quercetina útiles para el proceso productivo. De esta manera se puede utilizar toda la materia prima que es desechada como residuo y disminuir el impacto ambiental negativo utilizando un residuo como un recurso.

11. IMPLEMENTACIÓN DE FLAVONOIDES EN LA INDUSTRIA

Debido a la actividad antioxidante proveniente del compuesto de quercetina presente en las cáscaras de la cebolla de bulbo, podemos identificar posibles aplicaciones que pueden mejorar las condiciones de vida de la humanidad con productos específicos de diferentes industrias.

11.1. Actividad cancerígena

Los efectos antioxidantes, citotóxicos y antiinflamatorios del extracto de cáscara de cebolla están asociados con la quercetina, que ayuda a inhibir la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y previene el daño celular por daño oxidativo. [76]

Las células cancerosas muestran una proliferación descontrolada de células junto con defectos en los mecanismos de apoptosis. Los extractos naturales generalmente se enfocan en la proliferación celular deteniendo la división celular; el extracto etanólico crudo de cáscara de cebolla roja redujo la proliferación celular y mejoró la detención del ciclo celular en MDA-MB-231 (línea celular de cáncer de mama triple negativo) a través de la inhibición del fosfatidilinositol 3 quinasa (PI3K)-proteína quinasa B (Akt) vía de señalización en la célula MDA-MB-231. [77]

11.2. Actividad microbiana

La quercetina de las cáscaras de cebolla actúa como un agente antimicrobiano que altera el metabolismo energético y las funciones de la membrana citoplasmática inhibiendo la biosíntesis de ácidos nucleicos.

Estos compuestos exhibieron su capacidad antioxidante al romper la pared celular, provocando la lisis celular y facilitando la entrada de compuestos antimicrobianos dentro del microorganismo, mientras se filtra el contenido celular. Por lo tanto, la muerte celular finalmente ocurre al reaccionar con el ADN bacteriano. [78]

La razón de las actividades antimicrobianas efectivas de las nanopartículas podría deberse a su diminuto tamaño, lo que puede ayudarlas a entrar fácilmente dentro de la célula bacteriana, causando aún más la muerte celular. Además, según A. Santhosh *et al* [79], se puede afirmar que las interacciones de las nanopartículas contra los microorganismos objetivo se pueden atribuir a la relación que existe entre superficie-volumen que permite muchos ligandos funcionales y multivalencia en la superficie de la partícula.

De esta manera también se puede complementar que la quercetina es un compuesto que contribuye a la actividad anti-obesidad, actividad neuro protectora, Actividad cardiaca, actividad antidiabética y contribuye a la disminución de problemas de disfunción eréctil.

12. CONCLUSIONES

Por medio de la prueba Shinoda se pudo comprobar la identificación de flavonoides quercetina a partir de una tonalidad anaranjada la cual clasifica positivamente la presencia de este fitoquímico en la cáscara de cebolla.

Se identificó que la humedad de las cáscaras de cebolla que son inmediatamente separadas del bulbo posee una humedad relativa del 62% y se demostró que afecta significativamente la variable de cantidad en gramos de materia vegetal que se desea implementar en el proceso de extracción.

La disminución del diámetro de partícula de las cáscaras de cebolla puede influir al momento de ser agregado al proceso de extracción debido a que puede ocupar un volumen mayor si no existe una homogeneidad entre partículas; En la práctica, la heterogeneidad de las cáscaras y la capacidad del baño ultrasónico fueron criterios que aportaron a la modificación de variables estandarizadas como es la cantidad de materia vegetal; sin embargo, es posible que se agregue una relación cáscaras : etanol 70% no de 1:20 como se realizó, sino de 1:10; de esta forma se puede obtener más extracto.

El diseño de la matriz de selección permite clasificar y evidenciar eficientemente las debilidades y oportunidades que ofrece tanto los métodos de extracción como el solvente más conveniente; de esta manera se determinó que el proceso de extracción por ultrasonido es el que puede proporcionar la mayor cantidad de flavonoides en comparación con los demás procesos teniendo en cuenta nuestras variables a evaluar. Así mismo se confirmó con los tiempos de extracción implementados, y los rendimientos obtenidos en cada ensayo. Obteniendo una concentración de 93,052 ppm de flavonoides y rendimientos similares entre las dos operaciones de 10, 87% teniendo en cuenta que en la extracción soxhlet se implementó el doble de materia vegetal que en ultrasonido y ambas extracciones con la misma cantidad de etanol al 70% de pureza.

Se realizó un diseño conceptual del proceso de extracción que consta de 7 etapas de las cuales se necesitan 6 equipos. Donde implementando la relación 1:20, 6,173 kg/h de cáscaras seleccionadas y 43,658 L/h de solvente son utilizados para extraer 0,236 Kg/ de flavonoides y recuperar 27,546 L/h de etanol para ser recirculados al proceso de extracción y que sean necesarios para el siguiente lote 16,111 L/h de etanol puro al 70 %.

El proyecto requiere una inversión inicial de \$168.375.123,59 COP Para el desarrollo a escala industrial. Los costos de operación mensual corresponden a \$ 5.780.728,81 COP; y la viabilidad comercial depende el estudio de mercado que se realice el cual no se encuentra dentro de los alcances de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de agricultura y desarrollorural de Colombia, “Estrategia de ordenamiento de la producción. Cadena productiva de la cebolla de bulbo,” p. 49, 2019, [Online]. Available: <https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/S3707-20200602 Plan OP Cebolla de bulbo.pdf>
- [2] A. I. Reho, “Uso del desperdicio de la cebolla,” *Hortalizas*, 2014. <https://www.hortalizas.com/cultivos/uso-del-desperdicio-de-la-cebolla/>
- [3] N. A. Sagar, S. Pareek, N. Benkeblia, and J. Xiao, “Onion (*Allium cepa* L.) bioactives: Chemistry, pharmacotherapeutic functions, and industrial applications ,” *Food Front.*, no. December 2021, pp. 1–33, 2022, doi: 10.1002/fft2.135.
- [4] Á. C. Azcona, “La cebolla, una aliada para la salud,” *webconsultas.com*, no. Departamento de Nutrición, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid, p. 4, 2016, [Online]. Available: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2016-11-17-carbajal-cebolla-2016.pdf>
- [5] I. T. I. S. (ITIS), “*Allium Cepa* Var. *Cepa* L.,” 2022, [Online]. Available: <https://www.itis.gov/citation.html>
- [6] F. & fauna Web, “*Allium cepa* L.” <https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/5/9/5931>
- [7] Mundo huerto, “Tiempo de germinación y crecimiento de la cebolla,” 2023. <https://www.mundohuerto.com/cultivos/cebolla/tiempo-crecimiento-cebolla>
- [8] D. general de tecnología Agraria, “Parámetros que caracterizan a la cebolla (1),” *Inf. técnicas*, vol. 110, p. 16, 2012, [Online]. Available: https://bibliotecavirtual.aragon.es/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=3705271
- [9] R. A. Española, “Definición de la palabra Cáscara,” 23, 2014. <https://dle.rae.es/cáscara>
- [10] C. H. L. CALERO, “INCIDENCIA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES MÁS ABONOS ORGÁNICOS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE CEBOLLA (*Allium cepa*) EN EL CANTÓN LA MANÁ.,” 2013. [Online]. Available: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/560/1/T-UTEQ-0045.pdf>
- [11] G. J. F. Rullán, “Conjunto Tecnológico para la Producción de Cebolla, CLASIFICACION, EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO,” *Estac. Exp. AGRÍCOLA*, no. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez Colegio de Ciencias Agrícolas, p. 8, 2012, [Online]. Available: <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/13.-CEBOLLA-CLASIFICACION-EMPAQUE-Y-ALMACENAMIENTO-G.-Fornaris-v2012.pdf>
- [12] E. E. of Life, “*Allium cepa* var. *agregatum*,” 2016. <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/484762-Allium-cepa-agregatum>

- [13] F. H. Muñoz, “La cebolla y sus afines en Colombia,” *Agrosavia*, p. 13, 2012, [Online]. Available: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/20904/22678_3622.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [14] P. agrícola Chileno, “El cultivo de la cebolla,” *ABC Agro.com*, 2012. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/20904/22678_3622.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [15] Z. Unizar, *Características de la cebolla y sus productos derivados*. Unizar Zaguán, 2010. [Online]. Available: https://zaguan.unizar.es/record/95239/files/TAZ-TFG-2020-2724_ANE.pdf
- [16] G. J. F. Rullán, “Conjunto Tecnológico para la Producción de Cebolla, CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA,” *Estac. Exp. AGRÍCOLA*, no. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez Colegio de Ciencias Agrícolas, p. 10, 2012, [Online]. Available: <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/2.-CEBOLLA-CARACTERISTICAS-DE-LA-PLANTA-G.-Fornaris-v2012.pdf>
- [17] W. Wang and C. Li, “Medición de la absorción de luz y propiedades de dispersión de la cáscara de cebolla y carnosidades a 633 nm,” *ScienceDirect*, vol. 86, pp. 494–501, 2013, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.07.032>
- [18] M. MARTÍNEZ and A. OSORIO, “VALIDACIÓN DE UN MÉTODO PARA EL ANÁLISIS DE COLOR REAL EN AGUA,” *Revista de la Facultad de Ciencias, Rev. Fac. Cienc. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*, Bogotá, Colombia, pp. 143–155, Jan. 2018. doi: : <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>.
- [19] B. S. COELLO, D. R. MESA, A. I. B. PÉREZ, and C. C. PÉREZ, “ENSAYO DE CULTIVARES DE CEBOLLA DE DÍA CORTO EN LA ISLA DE TENERIFE,” *Servicio de Agricultura Cabildo Insular de Tenerife*, p. 10, 2012. [Online]. Available: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_SH%2FSH_2003_11_7_9_88.pdf
- [20] Econexia, “Cebolla cabeza blanca Unidad de 200 gramos,” *web Econexia*, 2022. https://econexia.com/es/vitrina-detalle-producto/agroindustria/cebolla-cabeza-blanca-unidad-de-200-gramos/&product_tracking_id=6587&shop_tracking_id=8&seller_tracking_id=9119#:~:text=%22Peso aproximado x Unidad%3A 250 grs
- [21] V. B. García, “Caracterización de subproductos de cebolla como fuente de fibra alimentaria y otros compuestos bioactivos,” UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID FACULTAD DE CIENCIAS, 2011. [Online]. Available: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/101601/1/subproductos de cebolla.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/101601/1/subproductos%20de%20cebolla.pdf)
- [22] S. J. T. HERNANDEZ and W. M. L. ROSALES, “OBTENCION DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE CASCARA *Allium cepa* (CEBOLLA BLANCA Y MORADA) Y RAIZ DE *Beta vulgaris* (REMOLACHA) PARA SU APLICACION EN LA INDUSTRIA TEXTIL.” UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, 2010. [Online].

- Available: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/474/1/10136187.pdf>
- [23] “Cebolla (*Allium cepa* L. var. *cepa*),” *Universidad católica de Chile*, 2013. http://www7.uc.cl/sw_educ/agronomia/manual_poscosecha/archiv/prodf2.html
- [24] Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, “Cebolla blanca,” *Verduras y hortalizas*, p. 2, 2013, [Online]. Available: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/cebolla_tcm30-102474.pdf
- [25] R. H. Liu, “Componentes de las frutas y verduras en la dieta que promueven la salud,” *Adv. Nutr. Am. Soc. Nutr.*, vol. 4, no. 3, pp. 384S-392S, 2013, doi: <https://doi.org/10.3945/an.112.0035171>.
- [26] M. Thakur and R. Khedkar, “11 - Fitoquímicos: proceso de extracción, evaluación de seguridad, evaluaciones toxicológicas y cuestiones reglamentarias,” in *Propiedades funcionales y conservantes de los fitoquímicos*, Noida, Uttar Pradesh, India: Amity Institute of Food Technology, Amity University, 2020, pp. 341–361. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818593-3.00011-7>.
- [27] A. M. Ortega, “Caracterización fitoquímica y evaluación de la bioaccesibilidad in vitro y biodisponibilidad in vivo de la cebolla negra (*Allium cepa* L.) y el ajo negro (*Allium sativum* L.),” *Univ. Córdoba, UCOPress*, 2021, [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10396/22230>
- [28] W. R, “Aislamiento, purificación y preparación de extractos,” in *Polifenoles en plantas*, 2nd Editio., R. Watson, Ed. 2014, pp. 617–633. [Online]. Available: <https://www.elsevier.com/books/polyphenols-in-plants/watson/978-0-12-813768-0>
- [29] N. Shaath and F. Flores, “Aceite de cebolla egipcio,” *Dev. Food Sci.*, no. 40 C, pp. 443–453, 1998.
- [30] R. D’Archivio M., Filesi C., Di Benedetto R., Gargiulo R., Giovannini C., Masella, “Polifenoles, fuentes dietéticas y biodisponibilidad,” *Anal. del Inst. Super. Salud*, vol. 4, no. 43, pp. 348–361, 2007, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/5642981_Polyphenols_dietary_sources_and_bio_availability
- [31] F. F. D. Zabaleta, “DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UNA METODOLOGÍA ANALÍTICA PARA LA CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FLAVONOIDEOS Y ORGANOAZUFRADOS EN AROS DE CEBOLLA, MEDIANTE DLLME-HPLC-UV,” Universidad Nacional de Cuyo, 2016. [Online]. Available: http://cvl.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8406/tesis-brom.-duran-florencia-2016.pdf
- [32] M. Y. V. Choquehuanca, “Extracción Y Caracterización Química De Flavonoides Y Análisis Proximal En Las Flores De *Tropaeolum Majus* L. (Texao),” Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, 2019. [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11065/QUvechym.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [33] C. Ilivichuza cCinthia Verónica, “Separación de una mezcla de quercetina y morfina en sus componentes individuales,” Universidad Técnica de Machala, 2016. [Online].

Available: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7792/1/EXAMEN_COMPLEXIVO_DE3.pdf

- [34] J. Viganó and J. Martínez, “Extracción de líquidos a presión como proceso alternativo para obtener fácilmente compuestos bioactivos a partir de la cáscara del maracuyá,” *Food Bioprod. Process.*, vol. 100, no. A, pp. 382–390, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.08.011>.
- [35] S. A. A. Nemogá, “Extracción de compuestos fenólicos mediante el uso de disolventes orgánicos a partir del subproducto obtenido en la elaboración de aceite de oliva virgen (alperujo),” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, 2019. [Online]. Available: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/134096/Arenas - Extracción de compuestos fenólicos mediante el uso de disolventes orgánicos a partir del....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/134096/Arenas-Extracción-de-compuestos-fenolicos-mediante-el-uso-de-disolventes-orgánicos-a-partir-del....pdf?sequence=1)
- [36] D. R. Rodríguez, “Compuestos fenólicos en residuos agroforestales: Una revisión de técnicas de extracción y fuentes disponibles,” Máster en Investigación Química y Química Industrial, 2020. [Online]. Available: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/27189/RodriguezRodriguez_David_TFM_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- [37] T. R. E. Antonio, “Extracción de flavonoides de la cebolla roja (*Allium cepa*) en un equipo soxhlet con mezcla de solventes etanol-agua,” *Univerddad Nac. del Callao*, p. 130, 2018, [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12952/5053>
- [38] A. E. G. CORADO, “OBTENCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS EXTRACTOS FLUIDOS, BLANDOS Y SECOS ASÍ COMO LAS TINTURAS DEL RIZOMA Y DE LA FRONDA DE CALAHUALA (*PHLEBODIUM PSEUDO-AUREUM*) A NIVEL DE LABORATORIO,” Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. [Online]. Available: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0951_Q.pdf
- [39] A. D. M. MERCADO, “Cemtrifugación,” ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS, 2014. [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4190/IAmemead001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [40] J. I. N. Martínez, “Evaluación de dos métodos para la obtención de extractos con actividad antioxidante a partir de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) con aplicación en productos mínimamente procesados,” Universidad de la Salle, Bogotá, 2016. [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1057&context=ing_alimentos
- [41] S. Hernández-Rodríguez, C. N. Quiroz-Reyes, M. E. Ramírez-Ortiz, E. Ronquillo-de-Jesús, and M. Á. Aguilar-Méndez, “Optimización del proceso de extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de *Justicia spicigera* Schltdl. mediante la metodología de superficie de respuesta,” *TIP. Rev. Espec. en ciencias químico-biológicas*, vol. 23, 2021, doi: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.246>.
- [42] X. D. L. A. H. QUIÑONES and K. S. R. CASTILLO, “EVALUACIÓN DEL

- EXTRACTO DE FLAVONOLES Y ANTOCIANINAS CONTENIDOS EN EL AGRAZ (*Vaccinium meridionale swartz*) OBTENIDOS A NIVEL LABORATORIO POR MEDIO DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN POR SOLVENTES Y EXTRACCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS,” FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, 2016. [Online]. Available: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/478/1/6112802-2016-2-IQ.pdf>
- [43] P. Panja, “Saúl Hernández-Rodríguez¹ Cinthya Nathaly Quiroz-Reyes¹ María Eugenia Ramírez-Ortiz² Elba Ronquillo-de-Jesús³ Miguel Ángel Aguilar-Méndez,” *Sci. Food Sci.*, p. 22, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.11.012>.
- [44] R. Sejzer, “La Matriz de Pugh para la toma de decisiones,” *Calidad Total*, 2016. <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-toma-de.html>
- [45] Instituto de Biomecánica de Valencia, “Nuevas técnicas para el desarrollo de productos innovadores orientados al usuario,” *Rev. Biomecánica*, pp. 1–4, 2001, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4762107>
- [46] T. L. LUENGO, “Flavonoides,” *Elsevier*, vol. 21, no. 4, pp. 108–113, 2022, [Online]. Available: <https://www.elsevier.es/pt-revista-offarm-4-articulo-flavonoides-13028951>
- [47] H. J. SANTIAGO and L. H. JIMÉNEZ, “CORRELACIONES PARA OBTENER LA PRESIÓN MÍNIMA DE MISCIBILIDAD O DE ENRIQUECIMIENTO EN LOS PROCESOS DE RECUPERACIÓN MEJORADA (DESPLAZAMIENTO MISCIBLE CON GASES), AJUSTE A CAMPOS PETROLEROS MEXICANOS,” INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, 2009. [Online]. Available: [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/17399/Correlaciones para obtener la presión mínima de miscibilidad o de enriquecimiento en los procesos de recuperación mejorada %28desplazamiento miscible con gases%29%2C ajuste a campos petroleros mexicano](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/17399/Correlaciones%20para%20obtener%20la%20presi%C3%B3n%20m%C3%ADnima%20de%20miscibilidad%20o%20de%20enriquecimiento%20en%20los%20procesos%20de%20recuperaci%C3%B3n%20mejorada%20desplazamiento%20miscible%20con%20gases%29%2C%20ajuste%20a%20campos%20petroleros%20mexicano)
- [48] L. V. H. RODRÍGUEZ and C. E. GUTIÉRREZ, “EXTRACCIÓN DE FLAVONOIDES A PARTIR DE LOS RESIDUOS DEL TOMATE DE ÁRBOL,” FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, 2022. [Online]. Available: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/9028/1/6171051-2022-1-IQ.pdf>
- [49] J. S. Ramírez-Navas, “Extracción de flavonoides totales de la envoltura externa de cebolla roja (*Allium cepa*),” *UGCiencia*, vol. 22, no. 1, p. 119, 2016, doi: 10.18634/ugcj.22v.1i.599.
- [50] A. P. C. AVILA, “OPTIMIZACIÓN, ESCALAMIENTO Y DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE EXTRACCIÓN SÓLIDO LÍQUIDO,” UNIVERSIDAD DE CUENCA, 2012. [Online]. Available: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2468/1/tq1111.pdf>
- [51] M. Gao and C.-Z. Liu, “Comparación de técnicas para la extracción de flavonoides a partir de células cultivadas de *Saussurea medusa Maxim*,” *World J. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 21, pp. 1461–1463, 2005, doi: 10.1007/s11274-005-6809-1.
- [52] R. Azuola and P. Vargas, “Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA),” *Tecnol. en Marcha*, vol. 20, no. 4, p. 11, 2007, [Online]. Available:

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835781.pdf>

- [53] W. O. Fernández, Y. A. Torres, M. E. J. Rodríguez, D. M. G. Mayancha, H. M. C. Salinas, and L. R. B. Sanchez, “Desarrollo y Validación de Técnicas Espectrofotométricas para la Determinación de Flavonoides Totales, Basada en Quercetina, en las Hojas de *Psidium guajava* L.,” *Rev. Amaz. Cienc. y Tecnol.*, vol. 5, no. 3, pp. 276–289, 2016, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6067740>
- [54] D. C. Franco Vásquez, “Estandarización del proceso de extracción e identificación de Flavonoides en Nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill.) Cultivar atlixco desespinado,” Universidad Autónoma Metropolitana, 2017. doi: <https://doi.org/10.24275/uami.hm50tr74r>.
- [55] J. V. BEDOYA, “EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS MAYORITARIOS EN HOJAS DE *Bixa orellana*,” UNIVERSIDAD DEL VALLE, 2015. [Online]. Available: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/15324/CB-0534711.pdf?sequence=1>
- [56] M. L. R. Benitez, “CROMATOLOGRAFÍA LIQUIDA DE ALTO RENDIMIENTO (HPLC) Y CROMATOLOGRAFÍA DE GASES (CG),” *Univ. Simón Bolívar*, p. 8, 2020, [Online]. Available: <https://bonga.unisimon.edu.co/bitstream/handle/20.500.12442/7985/Guía de Cromatografía liquida de alto rendimiento%28HPLC%29 y Cromatografía de gases %28CG%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [57] Cromtek, “ESPECTROMETRÍA UV-VIS: VENTAJAS Y DESVENTAJAS,” *Ciencia analítica y tecnología*, 2019. <https://www.cromtek.cl/2022/09/12/espectrometria-uv-vis-ventajas-y-desventajas/#:~:text=La principal ventaja de la,una gran variedad de concentraciones> (accessed Sep. 13, 2022).
- [58] “Canastillas plásticas,” *Plasticestibas LTDA*, 2022. <https://www.plasticestibas.com/canastillas-plasticas.html> (accessed Sep. 20, 2022).
- [59] W. Liu, C. Yang, C. Zhou, Z. Wen, and X. Dong, “Una extracción mejorada asistida por microondas de antocianinas de la batata morada a favor de posterior aprovechamiento integral del orujo,” *Elsevier Aliment. y Bioprod. procesados*, vol. 1, no. 9, p. 115, 2019, doi: 10.1016/j.fbp.2019.02.003.
- [60] Roth, “Ficha de datos de seguridad Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.,” España, 2021. [Online]. Available: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-6724-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNzcyMjZ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oZWYvaDNkLzkwMjc4MTA0NTk2NzgucGRmfDc5NzE5MTQ0YzJiZjRjYTAwNTg2ODU4OWE3ZjdmMmRkYjk5ODM5MDRkYWV0WVkn2M0MjY2>
- [61] W. Ortiz, Y. Aguilera, M. Jorge, D. Guzmán, H. Cobo, and L. Bravo, “Desarrollo y Validación de Técnicas Espectrofotométricas para la Determinación de Flavonoides Totales, Basada en Quercetina, en las Hojas de *Psidium guajava* L.,” *Rev. Amaz. Cienc. y Tecnol.*, vol. 5, no. 3, pp. 276–288, 2016, [Online]. Available: <http://revistas.proeditio.com/REVISTAMAZONICA/article/view/1521/1609>

- [62] M. L. Soto Álvarez, “Extracción y purificación de compuestos fenólicos a partir de subproductos de destilería de vino,” Universidad de Vigo, 2015. [Online]. Available: <https://www.investigobiblioteca.uvigo.es/xmlui/handle/11093/412>
- [63] Sigma - Aldrich, “Quercetin $\geq 95\%$ (HPLC), solid,” Alemania, 2020. [Online]. Available: https://www.sigmaaldrich.com/DE/de/product/sigma/q4951?gclid=Cj0KCQIA99ybBhD9ARIsALvZavXVoc78He7Qd5N78IA_VtHg7qh307rJ06TynxAjPYdyJtCIkHBAGB8aAm1EEALw_wcB&gclid=aw.ds
- [64] DANE, “El cultivo de la cebolla cabezona (*Allium cepa* L.) frente a condiciones de alta humedad,” *Boletín Mens. INSUMOS Y FACTORES Asoc. A LA Prod.*, vol. 49, p. 97, 2016, [Online]. Available: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_jul_2016.pdf
- [65] Kingherbs Limited, “Extracto de la Cebolla de alta calidad de un 10% 40% de la quercetina,” *Made in China*, 2020. https://es.made-in-china.com/co_kingherbs/product_High-Quality-Onion-Extract-10-40-Quercetin_ruonnsseg.html (accessed Oct. 25, 2022).
- [66] Exhibir, “Horno deshidratador de frutas 15 bandejas,” *Exhibir*, 2022. <https://exhibirequpos.com/producto/horno-deshidratado-15-bandejas/> (accessed Nov. 10, 2022).
- [67] CERTECH, “Tamiz vibratorio VSB 450 1/Y,” *CERTECH*, 2022. <https://www.certech.it/sistemas-de-esmaltado/tamiz-vibratorio/?lang=es> (accessed Nov. 10, 2022).
- [68] CERTECH, “Tamiz vibratorio GRS 600 - 800 - 900,” *CERTECH*, 2022. <https://www.certech.it/sistemas-de-esmaltado/tamiz-vibratorio/?lang=es> (accessed Nov. 10, 2022).
- [69] Imaca, “Molino pulverizador,” *Distribuidora Imaca C.A.*, 2015. <http://imarca.com.ve/Molino-pulverizador.php> (accessed Nov. 10, 2022).
- [70] Hielscher, “Ultrasonido de alto rendimiento,” *Hielscher Ultrasound Technology*, 2019. <https://www.hielscher.com/es/uip4000hdt-4kw-high-performance-ultrasonics.htm> (accessed Nov. 10, 2022).
- [71] Eaton, “Filtro de platos y marcos BECO COMPACT PLATE A400,” Nettersheim, Germany, 2018. [Online]. Available: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/filtration-solutions/filter-systems-and-strainers/filters-and-strainers/sheet-filter-systems/beco-compact-plate-a400/Eaton-BECO-COMPACT-PLATE-A400-TechnicalDataSheet-EN.pdf>
- [72] Daihan Scientific, “Rotaevaporador 50 litros WEV-1050,” *Quimicompany*, 2017. https://quimicompany.com.co/Fichastecnicas/Rotaevaporador_50_litros_DH.WEV0100.pdf (accessed Nov. 10, 2022).
- [73] “Las importaciones fueron US \$6,368 millones CIF,” *Acciones & valores*, 2022. <https://www.accivalores.com/informes-economicos/6211-informe-impo-16-ago-2022>

(accessed Nov. 20, 2022).

- [74] A. Jiménez Gutierrez, *Diseño de procesos de ingeniería química*, Instituto. México: Retervé S.A., 2003. [Online]. Available: <https://thunderbooks.files.wordpress.com/2009/05/disenodprocesos-en-ing-quimica-arturojimenez.pdf>
- [75] ENEL, “Tarifas de energía eléctrica (\$/kWh) Reguladas por la comisión de regulación de energía y gas (CREG) Noviembre 2022,” Bogotá, Colombia, 2022. [Online]. Available: <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/español/personas/1-17-1/2022/tarifario-noviembre-2022.pdf>
- [76] J. Kim and E. Park, “Efectos citotóxicos y antiinflamatorios del extracto de cáscara de cebolla en células de carcinoma de colon humano estimuladas con lipopolisacáridos,” *Aliment. y toxicidad química*, vol. 62, pp. 199–204, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.08.045>.
- [77] M. Kumara and M. Mekhemarq, “Cáscaras de cebolla (*Allium cepa* L.): una revisión sobre compuestos bioactivos y actividades biomédicas,” *Biomed. y Farmacoter.*, vol. 146, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112498>
- [78] W. J. Kim, K. A. Lee, K.-T. Kim, M.-S. Chung, S. W. Cho, and H.-D. Paik, “Efectos antimicrobianos de los extractos de cáscara de cebolla (*Allium cepa* L.) producidos mediante extracción con agua subcrítica contra cepas de *Bacillus cereus* en comparación con la extracción con etanol y agua caliente,” *Cienc. aAlimentaria y Biotecnol.*, vol. 20, 2011, doi: 10.1007/s10068-011-0149-8.
- [79] A. ISanthosh and S. S. Chandran, “De residuo a producto de valor añadido: Síntesis verde de nanopartículas de plata a partir de cáscaras de cebolla y sus diversas aplicaciones,” *Mater. Hoy Expedientes*, vol. 46, no. 10, pp. 4460–4463, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.680>.

ANEXOS

ANEXO 1.

RECOMENDACIONES

En el proceso de extracción por ultrasonido, si se implementa un equipo en forma de baño termostático, lo más favorable para una extracción eficiente es buscar la homogeneidad de las ondas, implementando una rejilla que impida el contacto de los contenedores de las muestras y la solución extractora, con la base del equipo debido a que las ondas se concentran en los extractos que se encuentran más cercanos a los sensores y los que se encuentran alejados no reciben la misma cantidad de ondas que aportan al proceso de extracción.

Para la construcción de la curva de calibración se recomienda utilizar un patrón de alta pureza con el fin de poder cuantificar realmente la cantidad de flavonoides que hay presentes en los extractos vegetales.

Según la aplicación del extracto obtenido, es aconsejable realizar una purificación para aumentar la pureza del mismo. La purificación se puede llevar a cabo mediante columnas de adsorción con resinas de acetona, dependiendo de la industria donde se haga uso de la implementación de flavonoides.

El porcentaje de recuperación de etanol puede incrementarse, si se implementa un balón de recolección con una capacidad mayor a 20 L.

Utilizar toda la materia prima recolectada sin el proceso de clasificación puede incrementar la producción sin afectar la capacidad instalada del diseño conceptual; puesto que ya se demostró la alta concentración de flavonoides quercetina presentes en la materia vegetal clasificada como residuo.

Validar si los demás residuos generados en el proceso de cultivo como son: hojas, tallo, flores, sistema radicular, presentan contenido de fitonutrientes como son los flavonoides, de esta manera, podrían ser implementados como materia prima en el proceso de extracción.

Implementar una relación de cáscaras: solvente más cercana, tal como 1:10 teniendo en cuenta la homogeneidad del diámetro de partícula de la materia vegetal

ANEXO 2.
BALANCE DE MASA.

Corriente 1

Fujo másico de cáscaras entrantes al proceso de secado

$$6172,84 \frac{g}{h} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 6,173 \frac{kg}{h}$$

Corriente 2

Fujo másico de cáscaras salientes al proceso de secado

$$6,173 \frac{kg}{h} * (100\% - 62\%_{\text{Humedad relativa}}) = 2,346 \frac{kg}{h}$$

Corriente 3

Fujo másico de agua contenida en las cáscaras

$$6,173 \frac{kg}{h} * 62\%_{\text{Humedad relativa}} = 3,827 \frac{kg}{h}$$

Corriente 4

Flujo másico de cáscaras salientes del proceso de separación vibratoria de impurezas

$$2,346 \frac{kg}{h} * (100\% - 6\%_{\text{Contenido de impurezas}}) = 2,205 \frac{kg}{h}$$

Corriente 5

$$2,346 \frac{kg}{h} * 6\%_{\text{Contenido de impurezas}} = 0,141 \frac{kg}{h}$$

Corriente 6

$$2,205 \frac{kg}{h} - \left(2,205 \frac{kg}{h} * 1\%_{\text{Pérdidas de cáscaras}} \right) = 2,183 \frac{kg}{h}$$

Corriente 7

$$2,205 \frac{kg}{h} * 1\%_{\text{Pérdidas de cáscaras}} = 0,022 \frac{kg}{h}$$

Corriente 8

Como no se consideran pérdidas en el proceso de tamizado, el flujo másico de la corriente 8 es igual al flujo másico de la corriente 6

$$2,205 \frac{kg}{h} - \left(2,205 \frac{kg}{h} * 1\% \text{ Pérdidas de cáscaras} \right) = 2,183 \frac{kg}{h}$$

Corriente 9

Flujo volumétrico total de etanol a la entrada del proceso de extracción

$$\frac{2,183 \frac{kg}{h} * (150 \text{ mL}) / (1000 \text{ mL})}{\frac{7,5 \text{ g}}{1000 \text{ g}}} = 43,658 \frac{L}{h}$$

- Flujo parcial de etanol puro a la entrada del proceso de extracción

$$43,658 \frac{L}{h} - \left(17,181 \frac{L}{h} + 10,365 \frac{L}{h} \right) = 16,111 \frac{L}{h}$$

En esta ecuación se tiene en cuenta el etanol recuperado por condensación correspondiente a la corriente 19 y 20

Corriente 10

Flujo másico de cáscara con etanol a la salida del proceso de extracción

$$\left(2,183 \frac{kg}{h} + \left(\left(43,658 \frac{L}{h} - 25,913 \frac{L}{h} \right) * \frac{837,375 \frac{kg}{m^3}}{1000 \text{ L}} \right) \right) - \left(\frac{0,81 \text{ g} * 2,183 \frac{kg}{h}}{7,5 \text{ g}} \right) \\ = 16,570 \frac{kg}{h}$$

Corriente 11

Corresponde a la masa total de salida del extractor (corriente 11) teniendo en cuenta las pérdidas de etanol por evaporación en flujo másico (corriente 15)

$$16,570 \frac{kg}{h} - 0,405 \frac{kg}{h} = 16,165 \frac{kg}{h}$$

Corriente 12

Flujo volumétrico de Etanol recuperado por el proceso de filtración

$$\left(43,658 \frac{L}{h} * \frac{9 mL}{150 mL} \right) + \left(\frac{2,183 \frac{kg}{h} * 0,81 g}{7,5 g} \right) = 25,913 \frac{L}{h}$$

$$\left(43,658 \frac{L}{h} * \frac{9 mL}{150 mL} \right) + \left(\frac{1160 \frac{kg}{m^3}}{1160 \frac{kg}{m^3}} \right) = 25,913 \frac{L}{h}$$

Corriente 13

Flujo másico de cáscaras filtradas

$$16,165 \frac{kg}{h} - 14,387 \frac{kg}{h} - 0,236 \frac{kg}{h} = 1,947 \frac{kg}{h}$$

Corriente 14

Corresponde a la cantidad de etanol recuperado en flujo másico de la mezcla de materia vegetal

$$16,165 \frac{kg}{h} - 2,183 \frac{kg}{h} = 14,387 \frac{kg}{h}$$

Flujo volumétrico del etanol recuperado de la corriente 11

$$14,387 \frac{kg}{h} * \frac{1000 mL}{837,375 \frac{kg}{m^3}} = 17,181 \frac{L}{h}$$

Corriente 15

Flujo volumétrico de etanol evaporado del proceso de extracción

$$43,658 \frac{L}{h} - \left(0,078 \frac{L}{h} + 17,181 \frac{L}{h} + 25,913 \frac{L}{h} \right) = 0,485 \frac{L}{h}$$

Flujo másico de etanol evaporado del proceso de extracción

$$0,485 \frac{L}{h} * \frac{837,375 \frac{kg}{m^3}}{1000 L} = 0,405 \frac{kg}{h}$$

Corriente 16

Flujo másico de extracto vegetal recuperado

$$\frac{2,183 \frac{kg}{h} * 0,81 g}{7,5 g} = 0,235 \frac{kg}{h}$$

Corriente 17

Flujo másico de etanol líquido recuperado con extracto vegetal procedente del proceso de filtración

$$\left(26,194 \frac{L}{h} * \frac{837,375 \frac{kg}{m^3}}{1000 L} \right) - 0,235 \frac{kg}{h} = 21,699 \frac{kg}{h}$$

Flujo volumétrico de etanol líquido recuperado con extracto vegetal procedente del proceso de filtración

$$21,699 \frac{kg}{h} * \frac{837,375 \frac{kg}{m^3}}{1000 L} = 25,913 \frac{L}{h}$$

Corriente 18

Flujo volumétrico de etanol no recuperado del proceso de filtración

$$26,194 \frac{L}{h} - \left(25,913 \frac{L}{h} + \left(0,235 \frac{kg}{h} * \frac{1000 mL}{1160 \frac{kg}{m^3}} \right) \right) = 0,078 \frac{L}{h}$$

Flujo másico de etanol no recuperado del proceso de filtración

$$0,078 \frac{L}{h} * \frac{837,375 \frac{kg}{m^3}}{1000 L} = 0,065 \frac{kg}{h}$$

Corriente 19

Teniendo en cuenta que el flujo de esta corriente es menor a 20 L, por tanto, se puede recuperar todo el etanol y la corriente 19 es igual a corriente 14

$$14,387 \frac{kg}{h}$$

Corriente 20

Flujo volumétrico de la corriente de recuperación de etanol líquido proveniente de la mezcla con extracto vegetal

$$25,913 \frac{L}{h} * 40 \%_{recuperación\ solvente} = 10,365 \frac{L}{h}$$

Corriente 21

Teniendo en cuenta que el flujo de la corriente 14 es menor a 20 L, por tanto, se puede recuperar y las pérdidas de etanol de la corriente 21 son insignificantes

Corriente 22

Flujo volumétrico de la corriente de pérdidas de etanol líquido proveniente de la mezcla con extracto vegetal debido a que supera la capacidad de recuperación del equipo de 20 L

$$25,913 \frac{L}{h} * (100\% - 40 \%_{recuperación\ solvente}) = 15,548 \frac{L}{h}$$

ANEXO 3.

FICHA TÉCNICA DE ETANOL.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

Versión: **6.0 es**

Reemplaza la versión de: 11.03.2021

Versión: (5)

fecha de emisión: 27.07.2015

Revisión: 12.05.2021

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Identificación de la sustancia	Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.
Número de artículo	6724
Número de registro (REACH)	01-2119457610-43-xxxx
Número de clasificación del anexo VI del CLP	603-002-00-5
Número CE	200-578-6
Número CAS	64-17-5
Otro(s) nombre(s)	Alcohol etílico

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos pertinentes identificados:	Uso analítico y de laboratorio Producto químico de laboratorio Usos industriales Usos profesionales
Usos desaconsejados:	No utilizar en productos que estarán en contacto directo con alimentos. No utilizar para propósitos privados (domésticos).

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Carl Roth GmbH + Co KG
Schoemperlenstr. 3-5
D-76185 Karlsruhe
Alemania

Teléfono:+49 (0) 721 - 56 06 0

Fax: +49 (0) 721 - 56 06 149

e-mail: sicherheit@carlroth.de

Sitio web: www.carlroth.de

Persona competente responsable de la ficha de datos de seguridad: :Department Health, Safety and Environment

e-mail (persona competente): sicherheit@carlroth.de

Proveedor (importador): QUIMIVITA S.A.
Calle Balmes 245, 6a Planta
08006 Barcelona
+34 932 380 094
-
ranguita@quimivita.es
www.quimivita.es

1.4 Teléfono de emergencia

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

Nombre	Calle	Código postal/ciudad	Teléfono	Sitio web
Servicio de Información Toxicológica Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses	Jose Echegaray nº 4 Las Rozas	28232 Madrid	+34 91 562 0420	

1.5 Importador

QUIMIVITA S.A.
Calle Balmes 245, 6a Planta
08006 Barcelona
España

Teléfono: +34 932 380 094

Fax: -

e-Mail: ranguita@quimivita.es

Sitio web: www.quimivita.es

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Sección	Clase de peligro	Categoría	Clase y categoría de peligro	Indicación de peligro
2.6	Líquidos inflamables	2	Flam. Liq. 2	H225
3.3	Lesiones oculares graves o irritación ocular	2	Eye Irrit. 2	H319

Véase el texto completo en la SECCIÓN 16

Los principales efectos adversos fisicoquímicos, para la salud humana y para el medio ambiente

El producto es combustible y puede encenderse por fuentes de ignición potenciales.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP)

Palabra de advertencia

Peligro

Pictogramas

GHS02, GHS07



Indicaciones de peligro

H225

Líquido y vapores muy inflamables

H319

Provoca irritación ocular grave

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

Consejos de prudencia

Consejos de prudencia - prevención

- P210 Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar
- P233 Mantener el recipiente herméticamente cerrado

Consejos de prudencia - respuesta

- P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado

Etiquetado de los envases cuyo contenido no excede de 125 ml

Palabra de advertencia: **Peligro**

Símbolo(s)



2.3 Otros peligros

Resultados de la valoración PBT y mPmB

La evaluación de esta sustancia determina que no es PBT ni mPmB.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Nombre de la sustancia	Etanol
Fórmula molecular	C ₂ H ₆ O
Masa molar	46,07 g/mol
No de Registro REACH	01-2119457610-43-xxxx
No CAS	64-17-5
No CE	200-578-6
No de índice	603-002-00-5

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios



Notas generales

Quitar las prendas contaminadas.

En caso de inhalación

Proporcionar aire fresco. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

En caso de contacto con la piel

Aclararse la piel con agua/ducharse. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

En caso de contacto con los ojos

Mantener separados los párpados y enjuagar con abundante agua limpia y fresca por lo menos durante 10 minutos. En caso de irritación ocular consultar al oculista.

En caso de ingestión

Enjuagarse la boca. Llamar a un médico si la persona se encuentra mal.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Irritación, Náuseas, Vómitos, Dolor abdominal, Dificultades respiratorias, Vértigo, Somnolencia, Narco-sis, Pérdida de reflejos y ataxia

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

ninguno

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción



Medios de extinción apropiados

medidas coordinadas de lucha contra incendios en el entorno
agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo extinguidor seco, polvo BC, dióxido de carbono (CO₂)

Medios de extinción no apropiados

chorro de agua

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Combustible. En caso de ventilación insuficiente y/o al usarlo, pueden formarse mezclas aire/vapor explosivas/inflamables. Los vapores de disolventes son más pesados que el aire y se pueden extender por el suelo. Cabe prever la presencia de sustancias o mezclas combustibles sobre todo allí donde no llega la ventilación como, por ejemplo, en zonas no ventiladas situadas por debajo del nivel del suelo como fosas, canales y pozos. Los vapores son más pesados que el aire, se extienden por el suelo y forman mezclas explosivas con el aire. Los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire.

Productos de combustión peligrosos

En caso de incendio pueden formarse: Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂)

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

En caso de incendio y/o de explosión no respire los humos. Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales. Llevar un aparato de respiración autónomo.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia



Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa. No respirar los vapores/aerosoles. Prevención de las fuentes de ignición.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas. Peligro de explosión.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Consejos sobre la manera de contener un vertido

Cierre de desagües.

Indicaciones adecuadas sobre la manera de limpiar un vertido

Absorber con una sustancia aglutinante de líquidos (arena, harina fósil, aglutinante de ácidos, aglutinante universal).

Otras indicaciones relativas a los vertidos y las fugas

Colocar en recipientes apropiados para su eliminación. Ventilar la zona afectada.

6.4 Referencia a otras secciones

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5. Equipo de protección personal: véase sección 8. Materiales incompatibles: véase sección 10. Consideraciones relativas a la eliminación: véase sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Prever una ventilación suficiente.

Medidas de prevención de incendios, así como las destinadas a impedir la formación de partículas en suspensión y polvo



Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas. Debido al peligro de explosión, evi-

tar pérdidas de vapores en bodegas, alcantarillados y cunetas.

Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo

Lavar las manos antes de las pausas y al fin del trabajo. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. No fumar durante su utilización.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente. Proteger de la luz del sol.

Sustancias o mezclas incompatibles

Observe el almacenamiento compatible de productos químicos.

Atención a otras indicaciones:

Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción.

Requisitos de ventilación

Utilización de ventilación local y general.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

Diseño específico de locales o depósitos de almacenamiento

Temperatura recomendada de almacenamiento: 15 – 25 °C

7.3 Usos específicos finales

Noy hay información disponible.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Valores límites nacionales

Valores límites de exposición profesional (límites de exposición en el lugar de trabajo)

País	Nombre del agente	No CAS	Identificador	VLA-ED [ppm]	VLA-ED [mg/m ³]	VLA-EC [ppm]	VLA-EC [mg/m ³]	VLA-VM [ppm]	VLA-VM [mg/m ³]	Anotación	Fuente
ES	etanol	64-17-5	VLA			1.000	1.910				INSHT

Anotación

- VLA-EC Valor límite ambiental-exposición de corta duración (nivel de exposición de corta duración): valor límite a partir del cual no debe producirse ninguna exposición y que hace referencia a un periodo de 15 minutos (salvo que se disponga lo contrario)
- VLA-ED Valor límite ambiental-exposición diaria (límite de exposición de larga duración): tiempo medido o calculado en relación con un período de referencia de una media ponderada en el tiempo de ocho horas (salvo que se disponga lo contrario)
- VLA-VM Valor máximo a partir del cual no debe producirse ninguna exposición (ceiling value)

Valores relativos a la salud humana

DNEL pertinentes y otros niveles umbrales				
Parámetro	Niveles umbrales	Objetivo de protección, vía de exposición	Utilizado en	Tiempo de exposición
DNEL	1.900 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajador (industria)	agudo - efectos sistémicos
DNEL	343 mg/kg	humana, cutánea	trabajador (industria)	crónico - efectos sistémicos
DNEL	950 mg/m ³	humana, por inhalación	trabajador (industria)	crónico - efectos sistémicos

Valores medioambientales

PNEC pertinentes y otros niveles umbrales				
Parámetro	Niveles umbrales	Organismo	Compartimiento ambiental	Tiempo de exposición
PNEC	0,79 mg/cm ³	desconocido	agua marina	emisiones intermitentes
PNEC	2,75 mg/cm ³	desconocido	aire	emisiones intermitentes
PNEC	3,6 mg/cm ³	desconocido	sedimentos de agua dulce	emisiones intermitentes
PNEC	580 mg/cm ³	desconocido	depuradora de aguas residuales (STP)	emisiones intermitentes
PNEC	0,63 mg/cm ³	desconocido	suelo	emisiones intermitentes
PNEC	0,96 mg/cm ³	desconocido	agua dulce	emisiones intermitentes

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

8.2 Controles de exposición

Medidas de protección individual (equipo de protección personal)

Protección de los ojos/la cara



Utilizar gafas de protección con protección a los costados.

Protección de la piel



• protección de las manos

Úsense guantes adecuados. Adecuado es un guante de protección química probado según la norma EN 374. Para usos especiales se recomienda verificar con el proveedor de los guantes de protección, sobre la resistencia de éstos contra los productos químicos arriba mencionados. Los tiempos son valores aproximados de mediciones a 22 ° C y contacto permanente. El aumento de las temperaturas debido a las sustancias calentadas, el calor del cuerpo, etc. y la reducción del espesor efectivo de la capa por estiramiento puede llevar a una reducción considerable del tiempo de penetración. En caso de duda, póngase en contacto con el fabricante. Con un espesor de capa aproximadamente 1,5 veces mayor / menor, el tiempo de avance respectivo se duplica / se reduce a la mitad. Los datos se aplican solo a la sustancia pura. Cuando se transfieren a mezclas de sustancias, solo pueden considerarse como una guía.

• tipo de material

Caucho de butilo

• espesor del material

0,7mm

• tiempo de penetración del material con el que estén fabricados los guantes

>480 minutos (permeación: nivel 6)

• otras medidas de protección

Hacer períodos de recuperación para la regeneración de la piel. Están recomendados los protectores de piel preventivos (cremas de protección/pomadas).

Ropa protectora de fuego.

Protección respiratoria



Protección respiratoria es necesaria para: Formación de aerosol y niebla. Tipo: A (contra gases y vapores orgánicos con un punto de ebullición de > 65°C, código de color: marrón).

Controles de exposición medioambiental

Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Estado físico	líquido
Color	incolor
Olor	como: - alcohol
Punto de fusión/punto de congelación	-114 °C
Punto de ebullición o punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición	78 °C a 1.013 hPa
Inflamabilidad	líquido inflamable conforme con los criterios del SGA
Límite superior e inferior de explosividad	3,1 % vol - 27,7 % vol
Punto de inflamación	12 °C (c.c.)
Temperatura de auto-inflamación	455 °C a 1.013 Pa (DIN 51794)
Temperatura de descomposición	no relevantes
pH (valor)	7 (en solución acuosa: 10 g/l, 20 °C)
Viscosidad cinemática	1,519 mm ² /s a 20 °C

Solubilidad(es)

Hidrosolubilidad ≥1.000 g/l a 20 °C (ECHA)

Coeficiente de reparto

Coeficiente de reparto n-octanol/agua (valor logarítmico): -0,31 (exp. (TOXNET))

Presión de vapor 59 hPa a 20 °C

Densidad 0,79 g/cm³ a 20 °C

Características de las partículas no relevantes (líquido)

Otros parámetros de seguridad

Propiedades comburentes ninguno

9.2 Otros datos

Información relativa a las clases de peligro físico: No hay información adicional.

Otras características de seguridad:

Miscibilidad completamente miscible con agua

Clase de temperatura (UE según ATEX) T1
Temperatura de superficie máxima admisible en el equipo: 450°C

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Esta es una sustancia reactiva. Riesgo de ignición. Los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire.

En caso de calentamiento

Riesgo de ignición.

10.2 Estabilidad química

El material es estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciones fuertes con: muy comburente, Metales alcalinos, Metal alcalinotérreo, Anhídrido acético, Peróxidos, Óxido de fósforo, Ácido nítrico, Nitrato, Percloratos,
=> Propiedades explosivas

10.4 Condiciones que deben evitarse

Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

10.5 Materiales incompatibles

No hay información adicional.

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Productos de combustión peligrosos: véase sección 5.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre las clases de peligro definidas en el Reglamento (CE) n.o 1272/2008

Clasificación conforme al SGA (1272/2008/CE, CLP)

Toxicidad aguda

No se clasificará como toxicidad aguda.

Toxicidad aguda					
Vía de exposición	Parámetro	Valor	Especie	Método	Fuente
inhalación: vapores	LC50	95,6 mg/l/4h	rata		TOXNET
oral	LD50	7.060 mg/kg	rata		TOXNET

Corrosión o irritación cutánea

No se clasificará como corrosivo/irritante para la piel.

Lesiones oculares graves o irritación ocular

Provoca irritación ocular grave.

Sensibilización respiratoria o cutánea

No se clasificará como sensibilizante respiratoria o sensibilizante cutánea.

Mutagenicidad en células germinales

No se clasificará como mutágeno en células germinales.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

Carcinogenicidad

No se clasificará como carcinógeno.

Toxicidad para la reproducción

No se clasificará como tóxico para la reproducción.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición única).

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición repetida

No se clasifica como tóxico específico en determinados órganos (exposición repetida).

Peligro por aspiración

No se clasifica como peligroso en caso de aspiración.

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

• En caso de ingestión

vómitos, dolor abdominal, náuseas, Perjudica el hígado si la exposición se traga prolongadamente o repetidas veces, pérdida de reflejos y ataxia

• En caso de contacto con los ojos

Provoca irritación ocular grave

• En caso de inhalación

somnolencia, narcosis, vértigo, dificultades respiratorias, Estado de embriaguez

• En caso de contacto con la piel

La propiedad desgrasante del producto puede causar si la exposición es repetida o continua irritaciones de piel y dermatitis

• Otros datos

ninguno

11.2 Propiedades de alteración endocrina

No incluido en la lista.

11.3 Información relativa a otros peligros

No hay información adicional.

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1 Toxicidad

No se clasificará como peligroso para el medio ambiente acuático.

Toxicidad acuática (aguda)				
Parámetro	Valor	Especie	Fuente	Tiempo de exposición
LC50	8.140 mg/l	cacho (Leuciscus idus)	IUCLID	96 h
EC50	9.000 – 14.000 mg/l	daphnia magna	IUCLID	48 h

Biodegradación

No se dispone de datos.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: 6724

12.2 Procesos de degradación

Demanda Teórica de Oxígeno: 2,084 mg/mg
Dióxido de Carbono Teórico: 1,911 mg/mg

Procesos de degradación		
Proceso	Velocidad de degradación	Tiempo
biótico/abiótico	94 %	d

12.3 Potencial de bioacumulación

Se enriquece en organismos insignificadamente.

n-octanol/agua (log KOW)	-0,31 (Exp. (TOXNET))
--------------------------	-----------------------

12.4 Movilidad en el suelo

No se dispone de datos.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

No se dispone de datos.

12.6 Propiedades de alteración endocrina

No incluido en la lista.

12.7 Otros efectos adversos

No se dispone de datos.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos



Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Eliminar el contenido/el recipiente de conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional.

Información pertinente para el tratamiento de las aguas residuales

No tirar los residuos por el desagüe.

Tratamiento de residuos de recipientes/embalajes

Es un residuo peligroso; solamente pueden usarse envases que han sido aprobado (p.ej. conforme a ADR).

13.2 Disposiciones sobre prevención de residuos

La coordinación de los números de clave de los residuos/marcas de residuos según CER hay que efectuarla espeditivamente de ramo y proceso. Abfallverzeichnis-Verordnung (reglamento sobre catálogo de residuos, Alemania).

13.3 Observaciones

Los residuos se deben clasificar en las categorías aceptadas por los centros locales o nacionales de tratamiento de residuos. Por favor considerar las disposiciones nacionales o regionales pertinentes.

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

14.1 Número ONU o número ID

ADR/RID/ADN	UN 1170
Código-IMDG	UN 1170
OACI-IT	UN 1170

14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas

ADR/RID/ADN	ETANOL
Código-IMDG	ETHANOL
OACI-IT	Ethanol

14.3 Clase(s) de peligro para el transporte

ADR/RID/ADN	3
Código-IMDG	3
OACI-IT	3

14.4 Grupo de embalaje

ADR/RID/ADN	II
Código-IMDG	II
OACI-IT	II

14.5 Peligros para el medio ambiente

no peligroso para el medio ambiente conforme al reglamento para el transporte de mercancías peligrosas

14.6 Precauciones particulares para los usuarios


Las disposiciones concernientes a las mercancías peligrosas (ADR) se deben cumplir dentro de las instalaciones.

14.7 Transporte marítimo a granel con arreglo a los instrumentos de la OMI

El transporte a granel de la mercancía no está previsto.

14.8 Información para cada uno de los Reglamentos tipo de las Naciones Unidas

Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN) - Información adicional

Designación oficial	ETANOL
Menciones en la carta de porte	UN1170, ETANOL, 3, II, (D/E)
Código de clasificación	F1
Etiqueta(s) de peligro	3
	
Disposiciones especiales (DE)	144, 601
Cantidades exceptuadas (CE)	E2
Cantidades limitadas (LQ)	1 L

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

Categoría de transporte (CT)	2
Código de restricciones en túneles (CRT)	D/E
Número de identificación de peligro	33

Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG) - Información adicional

Designación oficial	ETHANOL
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1170, ETHANOL, 3, II, 12°C c.c.
Contaminante marino	-
Etiqueta(s) de peligro	3



Disposiciones especiales (DE)	144
Cantidades exceptuadas (CE)	E2
Cantidades limitadas (LQ)	1 L
EmS	F-E, S-D
Categoría de estiba (stowage category)	A

Organización de Aviación Civil Internacional (OACI-IATA/DGR) - Información adicional

Designación oficial	Ethanol
Designaciones indicadas en la declaración del expedidor (shipper's declaration)	UN1170, Ethanol, 3, II
Etiqueta(s) de peligro	3



Disposiciones especiales (DE)	A3, A58, A180
Cantidades exceptuadas (CE)	E2
Cantidades limitadas (LQ)	1 L

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones pertinentes de la Unión Europea (UE)

Restricciones conforme a REACH, Anexo XVII

Sustancias peligrosas con restricciones (REACH, Anexo XVII)				
Nombre de la sustancia	Nombre según el inventario	No CAS	Restricción	No
Etanol	este producto cumple con los criterios de clasificación de acuerdo con el Reglamento nº 1272/2008/CE		R3	3
Etanol	inflamable / pirofórico		R40	40

Leyenda

R3 1. No se utilizarán en:

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: 6724

Leyenda

- artículos decorativos destinados a producir efectos luminosos o de color obtenidos por medio de distintas fases, por ejemplo, lámparas de ambiente y ceniceros,
 - artículos de diversión y broma,
 - juegos para uno o más participantes o cualquier artículo que se vaya a utilizar como tal, incluso con carácter decorativo.
2. Los artículos que no cumplan lo dispuesto en el punto 1 no podrán comercializarse.
3. No se comercializarán cuando contengan un agente colorante, a menos que se requiera por razones fiscales, un agente perfumante o ambos, si:
- pueden utilizarse como combustible en lámparas de aceite decorativas destinadas a ser suministradas al público en general, y
 - presentan un riesgo de aspiración y están etiquetadas con las frases R65 o H304.
4. Las lámparas de aceite decorativas destinadas a ser suministradas al público en general no se comercializarán a menos que se ajusten a la norma europea sobre lámparas de aceite decorativas (EN 14059) adoptada por el Comité Europeo de Normalización (CEN).
5. Sin perjuicio de la aplicación de otras disposiciones comunitarias sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y mezclas peligrosas, los proveedores se asegurarán, antes de la comercialización, de que se cumplen los siguientes requisitos:
- a) los aceites para lámparas etiquetados con las frases R65 o H304 y destinados a ser suministrados al público en general deberán llevar marcada de manera visible, legible e indeleble la siguiente indicación: «Mantener las lámparas que contengan este líquido fuera del alcance de los niños»; y, para el 1 de diciembre 2010: «un simple sorbo de aceite para lámparas, o incluso chupar la mecha, puede causar lesiones pulmonares potencialmente mortales»;
 - b) para el 1 de diciembre de 2010, los líquidos encendedores de barbacoa etiquetados con las frases R65 o H304 y destinados a ser suministrados al público en general deberán llevar marcada de manera legible e indeleble la siguiente indicación: «un simple sorbo de líquido encendedor de barbacoa puede causar lesiones pulmonares potencialmente mortales»;
 - c) para el 1 de diciembre de 2010, los aceites para lámparas y los líquidos encendedores de barbacoa etiquetados con las frases R65 o H304 y destinados a ser suministrados al público en general deberán presentarse en envases negros opacos de 1 litro como máximo.
6. A más tardar el 1 de junio de 2014, la Comisión pedirá a la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos que elabore un expediente, de conformidad con el artículo 69 del presente Reglamento, con objeto de prohibir, si procede, los líquidos encendedores de barbacoa y los aceites para lámparas decorativas etiquetados con las frases R65 o H304 y destinados a ser suministrados al público en general.
7. Las personas físicas o jurídicas que comercialicen por primera vez aceites para lámparas y líquidos encendedores de barbacoa etiquetados con las frases R65 o H304 presentarán a la autoridad competente del Estado miembro afectado, no más tarde del 1 de diciembre de 2011, y en adelante con una periodicidad anual, datos sobre las alternativas a dichos productos. Los Estados miembros pondrán esos datos a disposición de la Comisión.
- R40 1. No podrán utilizarse como sustancias o mezclas en generadores de aerosoles destinados a la venta al público en general con fines recreativos y decorativos, como:
- brillo metálico decorativo utilizado fundamentalmente en decoración,
 - nieve y escarcha decorativas,
 - almohadillas indecentes (ventosidades),
 - serpentinillas gelatinosas,
 - excrementos de broma,
 - pitos para fiestas (matasuegras),
 - manchas y espumas decorativas,
 - telarañas artificiales,
 - bombas fétidas.
2. Sin perjuicio de la aplicación de otras disposiciones comunitarias sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y mezclas, los proveedores deberán garantizar, antes de la comercialización, que el envase de los generadores de aerosoles antes mencionados lleve de forma visible, legible e indeleble la mención siguiente: «Reservado exclusivamente a usuarios profesionales».
3. No obstante, las disposiciones de los puntos 1 y 2 no se aplicarán a los generadores de aerosoles a que se refiere el artículo 8, apartado 1 bis, de la Directiva 75/324/CEE del Consejo (2).
4. Los generadores de aerosoles mencionados en los puntos 1 y 2 solo podrán comercializarse si cumplen los requisitos establecidos.

Lista de sustancias sujetas a autorización (REACH, Anexo XIV)/SVHC - lista de candidatos

No incluido en la lista.

Directiva Seveso

2012/18/UE (Seveso III)				
No	Sustancia peligrosa/categorías de peligro	Cantidades umbral (en toneladas) de aplicación de los requisitos de nivel inferior e superior		Notas
P5c	líquidos inflamables (cat. 2, 3)	5.000	50.000	51)

Anotación

51) Líquidos inflamables de las categorías 2 o 3 no comprendidos en P5a y P5b

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

Directiva Decopaint

Contenido de COV	100 % 790 g/l
------------------	------------------

Directiva sobre Emisiones Industriales (DEI)

Contenido de COV	100 %
Contenido de COV	790 g/l

Directiva sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS)

no incluido en la lista

Reglamento relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes (PRTR)

no incluido en la lista

Directiva Marco del Agua (DMA)

Lista de contaminantes (DMA)				
Nombre de la sustancia	Nombre según el inventario	No CAS	Enumera- do en	Observaciones
Etanol	Sustancias y preparados, o productos derivados de ellos, cuyas propiedades cancerígenas, mutágenas o que puedan afectar a la tiroides, esteroideogénica, a la reproducción o a otras funciones endocrinas en el medio acuático o a través del medio acuático estén demostradas		A)	

Leyenda

A) Lista indicativa de los principales contaminantes

Reglamento sobre la comercialización y la utilización de precursores de explosivos

no incluido en la lista

Reglamento sobre precursores de drogas

no incluido en la lista

Reglamento sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)

no incluido en la lista

Reglamento relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (PIC)

no incluido en la lista

Reglamento sobre contaminantes orgánicos persistentes (POP)

no incluido en la lista

Catálogos nacionales

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: 6724

País	Inventario	Estatuto
AU	AICS	la sustancia es enumerada
CA	DSL	la sustancia es enumerada
CN	IECSC	la sustancia es enumerada
EU	ECSI	la sustancia es enumerada
EU	REACH Reg.	la sustancia es enumerada
JP	CSCL-ENCS	la sustancia es enumerada
KR	KECI	la sustancia es enumerada
MX	INSQ	la sustancia es enumerada
NZ	NZIoC	la sustancia es enumerada
PH	PICCS	la sustancia es enumerada
TR	CICR	la sustancia es enumerada
TW	TCSI	la sustancia es enumerada
US	TSCA	la sustancia es enumerada

Legenda

AICS	Australian Inventory of Chemical Substances
CICR	Chemical Inventory and Control Regulation
CSCL-ENCS	List of Existing and New Chemical Substances (CSCL-ENCS)
DSL	Domestic Substances List (DSL)
ECSI	CE inventario de sustancias (EINECS, ELINCS, NLP)
IECSC	Inventory of Existing Chemical Substances Produced or Imported in China
INSQ	Inventario Nacional de Sustancias Químicas
KECI	Korea Existing Chemicals Inventory
NZIoC	New Zealand Inventory of Chemicals
PICCS	Philippine Inventory of Chemicals and Chemical Substances (PICCS)
REACH Reg.	Sustancias registradas REACH
TCSI	Taiwan Chemical Substance Inventory
TSCA	Ley de Control de Sustancias Tóxicas

15.2 Evaluación de la seguridad química

No se ha realizado una evaluación de la seguridad química de esta sustancia.

SECCIÓN 16: Otra información

Indicación de modificaciones (ficha de datos de seguridad revisada)

Adaptación al reglamento: Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 2020/878/UE

Reestructuración: sección 9, sección 14

Sección	Inscripción anterior (texto/valor)	Inscripción actual (texto/valor)	Relevante para la seguridad
2.1		Clasificación según el Reglamento (CE) no 1272/2008 (CLP): modificación en el listado (tabla)	sí
2.1		Los principales efectos adversos fisicoquímicos, para la salud humana y para el medio ambiente: El producto es combustible y puede encenderse por fuentes de ignición potenciales.	sí

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: **6724**

Sección	Inscripción anterior (texto/valor)	Inscripción actual (texto/valor)	Relevante para la seguridad
2.3	Otros peligros: No hay información adicional.	Otros peligros	sí
2.3		Resultados de la valoración PBT y mPmB: La evaluación de esta sustancia determina que no es PBT ni mPmB.	sí

Abreviaturas y los acrónimos

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores)
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera)
ADR/RID/ADN	Acuerdos Europeos relativos al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por carretera/ferrocarril/ vías navegables interiores (ADR/RID/ADN)
CAS	Chemical Abstracts Service (número identificador único carente de significado químico)
CLP	Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas
Código-IMDG	Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas
COV	Compuestos orgánicos volátiles
DGR	Dangerous Goods Regulations (reglamento para el transporte de mercancías peligrosas, véase IATA/DGR)
DNEL	Derived No-Effect Level (nivel sin efecto derivado)
EC50	Effective Concentration 50 % (porcentaje de concentración efectivo). La CE50 corresponde a la concentración de una sustancia sometida a prueba que provoca un porcentaje 50 de cambios en la respuesta (por ejemplo, en el crecimiento) durante un intervalo de tiempo determinado
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (catálogo europeo de sustancias químicas comercializadas)
ELINCS	European List of Notified Chemical Substances (lista europea de sustancias químicas notificadas)
EmS	Emergency Schedule (programa de emergencias)
IATA	Asociación Internacional de Transporte Aéreo
IATA/DGR	Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Reglamento para el transporte de mercancías peligrosas por aire)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)
INSHT	Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos, INSHT
LC50	Lethal Concentration 50 % (concentración letal 50%); la CL50 corresponde a la concentración de una sustancia sometida a prueba que provoca un porcentaje 50 de mortalidad durante un intervalo de tiempo determinado
LD50	Lethal Dose 50 % (dosis letal 50 %); la DL50 corresponde a la dosis de una sustancia sometida a prueba que provoca un porcentaje 50 de mortalidad durante un intervalo de tiempo determinado
mPmB	Muy persistente y muy bioacumulable
NLP	No-Longer Polymer (ex-polímero)

Ficha de datos de seguridad

conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH)



Etanol (Bioetanol) 96%, Ph.Eur.

número de artículo: 6724

Abrev.	Descripciones de las abreviaturas utilizadas
No CE	El inventario de la CE (EINECS, ELINCS y lista NLP) es la fuente para el número CE como identificador de sustancias de la UE (Unión Europea)
No de índice	El número de clasificación es el código de identificación que se da a la sustancia en la parte 3 del anexo VI del Reglamento (CE) no 1272/2008
OACI	Organisation de l'Aviation Civile International
OACI-IT	Technical instructions for the safe transport of dangerous goods by air (instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea)
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (concentración prevista sin efecto)
ppm	Partes por millón
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos ⁹)
RID	Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses (Reglamento referente al transporte internacional por ferrocarril de mercancías peligrosas)
SGA	"Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias químicas" elaborado por Naciones Unidas
SVHC	Substance of Very High Concern (sustancia extremadamente preocupante)
VLA	Valor límite ambiental
VLA-EC	Valor límite ambiental-exposición de corta duración
VLA-ED	Valor límite ambiental-exposición diaria
VLA-VM	Valor máximo

Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

Reglamento (CE) no 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (Classification, Labelling and Packaging) de sustancias y mezclas. Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH), modificado por 2020/878/UE.

Transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable (ADR/RID/ADN). Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG). Dangerous Goods Regulations (DGR) for the air transport (IATA) (Reglamento para el transporte de mercancías peligrosas por aire).

Frasas pertinentes (código y texto completo como se expone en el capítulo 2 y 3)

Código	Texto
H225	Líquido y vapores muy inflamables.
H319	Provoca irritación ocular grave.

Cláusula de exención de responsabilidad

Esta información se basa en los conocimientos de que disponemos hasta el momento. Esta FDS se refiere exclusivamente a este producto.

TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA 2022. TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/kWh)

REGULADAS POR LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS (CREG) NOVIEMBRE DE 2022

SECTOR RESIDENCIAL NIVEL DE TENSIÓN 1. Table with 5 columns: ESTRATO (E), RANGO DE CONSUMO (kWh-mes), PROPIEDAD DE ENEL COLOMBIA (\$/kWh), PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh), PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/kWh).

ÁREAS COMUNES NIVEL DE TENSIÓN 1. Table with 3 columns: MODALIDAD (Todo consumo), PROPIEDAD DE ENEL COLOMBIA (\$/kWh), PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh).

(+) CS: Consumo de Subsistencia

SECTOR NO RESIDENCIAL. Table with 7 columns: SECTOR NO RESIDENCIAL, NIVEL 1 PROPIEDAD DE ENELCOLOMBIA (\$/kWh), NIVEL 1 PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh), NIVEL 1 PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/kWh), NIVEL 2 (11.4 y 13.2 kV) (\$/kWh), NIVEL 3 (34.5 kV) (\$/kWh), NIVEL 4 (135 kV) (\$/kWh).

COSTO UNITARIO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO -CU- (\$/kWh), Resolución CREG -119 de 2007. Table with 8 columns: Descripción, Operación Gm./J, Transmisión Trm, Distribución Dm, Comercialización Cmm./J**, Pérdidas PPrn./J, Restricciones Rn/j, CUm.m./J Calculado, CUm.m./J Opción Tarifaria.

(*)En el Cargo por Uso de nivel 1 (D1), el componente de Inversión (DI) se aplica conforme a la Resolución CREG-015 de 2018. (**) Para la aplicación de las opciones tarifarias, se debe coordinar con Enel Colombia SA E.S.P. las adecuaciones en los sistemas de medida del cliente que sean del caso. (***) En cumplimiento del Decreto 2287 de 2004, los consumos operativos de empresas de acueducto y alcantarillado, previa solicitud, se liquidan con un factor de contribución de 10%.

HORAS DE APLICACIÓN OPCIONES HORARIAS POR NIVEL DE TENSIÓN (RES CREG-079 DE 1997). Table with 5 columns: Franja, Nivel 1, Nivel 2, Nivel 3, Nivel 4.

TARIFAS Y COSTOS EFICIENTES POR SERVICIOS DE CONEXIÓN Y COMPLEMENTARIOS VIGENTES DESDE EL 17 DE ENERO DE 2022 CON IVA

PRECIO AL PÚBLICO (\$ Co). Table with columns: Concepto, Conexión, Tipo, Tarifa 2022, Concepto, Modalidad, Conexión, Tarifa 2022.

TARIFAS Y COSTOS EFICIENTES POR SERVICIOS DE CONEXIÓN Y COMPLEMENTARIOS VIGENTES DESDE EL 17 DE ENERO DE 2022 SIN IVA

PRECIO AL PÚBLICO (\$ Co). Table with columns: Concepto, Conexión, Tipo, Tarifa 2022, Concepto, Modalidad, Conexión, Tarifa 2022.

REVISIONES ESPECIALES. Table with columns: Concepto, Modalidad, Tipo, Tarifa 2022, Concepto, Modalidad, Tipo, Tarifa 2022.

REVISIONES ESPECIALES. Table with columns: Concepto, Modalidad, Tipo, Tarifa 2022, Concepto, Modalidad, Tipo, Tarifa 2022.

NOTAS. (1) Hacer referencia a la puesten servicio de la conexión de una cuenta nueva... (2) Estos conceptos también aplican para la suspensión del servicio de común acuerdo... (3) Cuando las actividades de corte, suspensión especial o reinstalación del servicio sean en medida indirecta y/o requieran de trabajos especiales, se cobra según presupuesto.

TARIFAS POR MANOBRAS PARA CLIENTES ÁREA PEAJES VIGENTES DESDE EL 1 DE ENERO 2021. Table with 4 columns: Caso, Tipo de día, BOGOTÁ Valor, CUNDINAMARCA Valor.

NOTAS. Caso 1: Apertura y cierre de seccionamiento (corte visible). Caso 2: Desconexión y conexión de cables XLP. Incluye apertura de pases (corte visible). Apertura y cierre de seccionamiento (corte visible).



ANEXO 5.

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE QUERCETINA AL 95%

SIGMA-ALDRICH[®]

sigma-aldrich.com

3050 Spruce Street, Saint Louis, MO 63103, USA

Website: www.sigmaaldrich.com

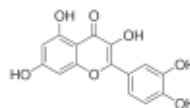
Email USA: techserv@sial.com

Outside USA: eurtechserv@sial.com

Product Specification

Product Name:
Quercetin - ≥95% (HPLC), solid

Product Number: **Q4951**
CAS Number: 117-39-5
Formula: C₁₅H₁₀O₇
Formula Weight: 302.24 g/mol



TEST	Specification
Appearance (Color) Yellow	Conforms
Appearance (Form)	Powder
¹ H NMR Spectrum	Conforms to Structure
Loss on Drying	≤ 4 %
Purity (HPLC)	≥ 95 %

Specification: PRD.4.ZQ5.10000025758

Sigma-Aldrich warrants, that at the time of the quality release or subsequent retest date this product conformed to the information contained in this publication. The current Specification sheet may be available at Sigma-Aldrich.com. For further inquiries, please contact Technical Service. Purchaser must determine the suitability of the product for its particular use. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

ANEXO 6.

TABLA NUTRICIONAL DE SUPLEMENTO DIETARIO

