**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TEMA:**

# SOLVENTES ECOLÓGICOS COMO ALTERNATIVAS PARA EXTRACCIÓN DE PRODUCTOS NATURALES DE MATRICES VEGETALES. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.


**AUTORES:**

Sevilla Román Josselyn Fernanda

Carrasco Bayas Erlinda Luzmila

**DIRECTOR DEL PROYECTO:**

Dr.C. Reinier Abreu Naranjo



**Pastaza-Ecuador**

**2021**

**DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Quienes suscriben Josselyn Fernanda Sevilla Román y Erlinda Luzmila Carrasco Bayas con C.l 1727245373 y 0603802612 hace constar que es autora del, Proyecto de Investigación titulado:

Trabajo de integración Curricular titulado: "Solventes Ecológicos como alternativas para extracción de productos naturales de matrices vegetales. Una revisión sistemática", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del tutor de dicho trabajo, Dr.C. Reiner Abreu Naranjo. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboraciones de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros tutores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 19 días del mes de julio del 2021.





JOSSELYN SEVILLA
CI: 1727245373

ERLINDA CARRASCO
CI: 0603802612

## CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación titulado: “Solventes ecológicos como alternativas para extracción de productos naturales de matrices vegetales. Una revisión sistemática”.



Firmado electrónicamente por:

**RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS**

Dr.C. Abril Saltos Ricardo Vinicio.

Presidente del Tribunal



Firmado electrónicamente por:

**KAREL DIEGUEZ**

MSc. Dieguez Santana Karel.

Miembro del Tribunal



Firmado electrónicamente por:

**D ARWIN JAVIER SUCOSHANAY VILLALBA**

Dr.C. Sucoshañay Villalba Darwin

Javier Miembro del Tribunal

# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 143-SAU-UEA-2021

Puyo, 18 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a las estudiantes: Sevilla Román Josselyn Fernanda con C.I. 1727245373 y Carrasco Bayas Erlinda Luzmila con C.I. 0603802612, con el Tema: **"SOLVENTES ECOLÓGICOS COMO ALTERNATIVAS PARA EXTRACCIÓN DE PRODUCTOS NATURALES DE MATRICES VEGETALES. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA."**, de la carrera, Ingeniería Ambiental. Director de la investigación Dr.C. Reinier Abreu Naranjo, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 5%, Informe generado con fecha 06 de julio de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

ITALO MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
**ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .**

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Josselyn Fernanda Sevilla Román y Erlinda Luzmila Carrasco Bayas, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados mismos son auténticos y originales. Los textos que constantes en el documento que proviene de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.





Josselyn Fernanda Sevilla Román
No. Cedula:1727245373

Erlinda Luzmila Carrasco Bayas
No. Cedula: 0603802612

**AGRADECIMIENTO**

*Dios tu amor y tu Bondad no tienen fin me permites deleitarme ante todos mis logros que son resultado de toda tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba aprendo de mis errores y me doy cuenta que los pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.*

*Gracias a mis padres, Anita y Carlos que fueron mis mayores promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar, creer en mí y en mis expectativas. Gracias a mi familia, a mis hermanos Ricardo y Alejandro han sido esenciales a lo largo de este tiempo, a mis tíos Diana y Daniel por su apoyo, cariño, calor humano y deseos de que todo me salga bien. Quiero exaltar la labor de todos mis amigos, aquellos que estuvieron presentes durante toda mi carrera universitaria, en especial mi mejor amiga Diana, que ha sido mi mano derecha durante todo este tiempo, te agradezco por tu desinteresada ayuda y lealtad.*

*Quiero de manera especial agradecer a nuestro tutor Dr.C. Reinier Abreu Naranjo, por realizar este proyecto de titulación bajo su dirección. Gracias por sus conocimientos, paciencia y capacidades para tutelar nuestras ideas. Gracias a mi Universidad Estatal Amazónica por haberme permitido formarme como profesional en ella, gracias a todas las personas que fueron participes de este proceso, fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad. Este es un momento muy especial que espero, perduré en el tiempo, no solo en la mente de las personas a quienes agradecí, sino también a quienes invirtieron su tiempo para echar una mirada a nuestro proyecto de titulación; a ellos asimismo les agradezco con todo mi ser.*

***Josselyn Fernanda Sevilla Román***

## AGRADECIMIENTO

*A mi madre y a mis abuelitos:*

*Quienes han sido el pilar fundamental de mi vida, han sido la mayor motivación, ya que con su cariño y sus consejos me motivaban día a día a ser mejor, a siempre luchar por mis sueños y alcanzar cada meta que me proponga. Gracias a ustedes porque nunca me abandonaron en cada caída siempre estaban para mí para levantarme y motivarme a culminar mi carrera mis sueños son sus sueños.*

*A mis hermanos y a mi sobrino:*

*Porque aun cuando era difícil nunca me dejaron sola, siempre sentí su apoyo en cada palabra de aliento y sobre todo en cada consejo que me brindaron para que nunca pensara en rendirme, al contrario, su motivación me llevo a que hoy terminara con mi carrera. Gracias por todo lo bello que me brindan todos los días y por su amor incondicional.*

*A mi novio:*

*Brayan gracias por la paciencia y comprensión hoy hemos alcanzado un triunfo más porque mis logros también le pertenecen, has sido el pilar fundamental que con su apoyo constante y amor incondicional llego a ser mi compañero y amigo inseparable, fuente de calma en todo momento. Gracias por darme lo más lindo de este mundo nuestro bebe que viene en camino.*

*A mi tutor:*

*Por el tiempo, dedicación y paciencia en la elaboración de este documento.*

***Erlinda Luzmila Carrasco Bayas***

## DEDICATORIA

*Quiero dedicar este paso importante en vida a la persona más importante de ella, mi madre. Mujer fuerte, inteligente y luchadora pues sin ella no lo habría logrado. Tu Bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien. Este logro no es solo mío, fuiste mi motivación más grande para concluir con éxito este proyecto. Gracias por ser el ancla de mi vida, por cada día motivarme a continuar sin tirar la toalla. Te amo y no va a haber manera de devolverte todo el esfuerzo que me has ofrecido. Todos mis logros son y serán siempre en tu honor. A la memoria de mi abuelita Consuelo Villacis, por su apoyo y consejos en los primeros semestres de mi carrera, sin duda la estrella más bonita en el cielo. Finalmente quiero resaltar que, lograr tus objetivos, trazarte ideales y realizarte en la vida deben ser tu primordial deseo y para ello solo serán cumplidos a base de tu esfuerzo, del empeño que le pongas a los estudios, sigue adelante no te rindas.*

***Josselyn Fernanda Sevilla Román***

## DEDICATORIA

*A Dios por permitirme tener la fuerza para terminar mi carrera.*

*Dedico este trabajo a mi madre y abuelitos ya que, con su sabiduría, cariño y lucha han labrado el camino del éxito en mi vida, a mis hermanos por el apoyo brindado, a mi novio por ser incondicional en toda esta etapa de mi carrera y por la felicidad que juntos compartimos al alcanzar metas como la de ser una nueva profesional.*

*A mis maestros por compartir conmigo lo que saben y poder transferir sus conocimientos a mi vida.*

***Erlinda Luzmila Carrasco Bayas***

**RESUMEN**

Se propuso solventes ecológicos como alternativas para extracción de productos naturales de matrices vegetales para la Universidad Estatal Amazónica. Se examinó informaciones relevantes relacionadas con el uso de solventes ecológicos utilizados en la extracción de productos naturales, a través de la metodología aplicada , se identificó los principales solventes ecológicos aplicados en la extracción de productos naturales, mediante el método explicativo, se sugirió solventes ecológicos para aplicar en la extracción de productos naturales, a través de investigaciones relacionadas con extracción de productos naturales de la Universidad Estatal Amazónica. Por medio de una revisión sistemática de la literatura, la presente investigación destaca información sobre los principales métodos de extracción de aceites esenciales en matrices vegetales. La metodología empleada fue por los métodos descriptivo y explicativo los cuales permiten conocer los hechos del problema, las causas y el efecto los que nos llevarán a dar una conclusión. Además, este estudio se realizó a través de herramientas bibliométricas, que nos permiten comprender sobre cómo funcionan los solventes ecológicos. Se revisó un total de 190 artículos, de los cuales 58 artículos fueron seleccionados como relevantes para llegar a los resultados. Concluimos que los solventes ecológicos encontrados en la literatura pueden ser usados en investigaciones de la Universidad Estatal Amazónica, debido a sus múltiples beneficios ambientales.

***Palabras clave:*** *Solvente ecológico, aceites esenciales, extracción.*

**ABSTRAC**

Ecological solvents were proposed as alternatives for the extraction of natural products from plant matrices for the Amazonian State University. Relevant information related to the use of ecological solvents used in the extraction of natural products was examined, through the applied methodology, the main ecological solvents applied in the extraction of natural products were identified, through the explanatory method, ecological solvents were suggested for apply in the extraction of natural products, through research related to the extraction of natural products of the Amazonian State University. Through a systematic review of the literature, this research highlights information on the main methods of extraction of essential oils in plant matrices. The methodology used was by descriptive and explanatory methods which allow us to know the facts of the problem, the causes and the effect which will lead us to a conclusion. In addition, this study was carried out through bibliometric tools, which allow us to understand how ecological solvents work. A total of 190 articles were reviewed, of which 58 articles were selected as relevant to reach the results. We conclude that the ecological solvents found in the literature can be used in research at the Amazonian State University, due to their multiple environmental benefits.

***Keywords:*** *Ecological solvent, essential oils, extraction.*

**TABLA DE CONTENIDO**

1. Introducción ..... 14

1.1. Planteamiento del Problema ..... 14

1.2. Objetivos ..... 15

1.3. Justificación ..... 16

2. CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA ..... 18

2.1. Matrices vegetales ..... 18

2.1.1 Caracterización ..... 18

2.1.2 Fuentes de obtención de las matrices vegetales ... **¡Error! Marcador no definido.**

2.1.3 Material vegetal ..... **¡Error! Marcador no definido.**

2.1.4 Extractos vegetales ..... 21

2.1.5 Extracción ..... **¡Error! Marcador no definido.**

2.1.6 Solventes ecológicos ..... 27

2.1.7 Química verde ..... 32

2.1.8 Polifenoles ..... **¡Error! Marcador no definido.**

2.1.9 Lípidos ..... **¡Error! Marcador no definido.**

2.1.10 Actividad antioxidante ..... **¡Error! Marcador no definido.**

2.1.11 Antioxidantes Naturales ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3. CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN ..... 35

3.2 Tipo de la investigación ..... 35

3.3 Métodos de investigación ..... 35

3.3.1. Método Descriptivo ..... 35

3.3.2. Método Explicativo ..... 36

4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS ..... 38

4.1 Recopilación de la información relevante de los artículos relacionados con extracciones en matrices vegetales ..... 38

CONCLUSIONES ..... 58

RECOMENDACIONES ..... 59

BIBLIOGRAFÍA ..... 59

# CAPÍTULO I.

## 1. Introducción

### *1.1. Planteamiento del Problema*

En la actualidad existe un crecimiento a la preferencia por el uso y aplicación de productos naturales, hacia un desarrollo de productos amigables con el medio ambiente creando beneficios que resaltan a una empresa socialmente responsable y a su vez directamente relacionada con la declaración de Río de 1992 sobre el "Medio Ambiente y el Desarrollo", que el principio 1 proclama que los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sustentable. "Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza" (Tinger, 2007). Ecuador es considerado a nivel mundial como un país con una gran biodiversidad y gracias a esta característica se puede obtener una gran variedad de productos naturales destinados al consumo directo y/o para procesamiento industrial. Las especies vegetales son consideradas actualmente una valiosa fuente de compuestos bioactivos para la industria química, farmacéutica y de los alimentos. Entre estos productos se destacan los extractos naturales, aceites esenciales y fijos a partir de matrices vegetales. Sin embargo, en gran medida aún prevalece el uso de productos químicos derivados del petróleo y solventes convencionales que son perjudiciales para la salud de humanos, difícil manejo para su disposición final y que pueden ocasionar daños a la salud humana y el medio ambiente, un ejemplo destacado de prácticas insostenibles (Welton, 2018).

Sin embargo, existe literatura científica publicada, en las cuales se proporcionan alternativas a los procesos existentes enfocados en una conciencia del uso de solventes ecológicos para contribuir a la reducción del impacto de los solventes convencionales y su contaminación, uso de energía, extinción de especies, contribuciones a la calidad del

aire y al cambio climático (Welton, 2018). Lo cual está en correspondencia con los principios de la "Química Verde", es lograr sustentabilidad, con la implementación de materia prima y técnicas que ayuden a la reducción de esta problemática.

La Universidad Estatal Amazónica por su privilegiada ubicación en la Región Amazónica Ecuatoriana, ha venido desarrollando investigaciones en la temática de la obtención y caracterización de productos naturales y compuestos bioactivos a partir de fuentes vegetales. Lo cual, se ve reflejado en número de publicaciones de sus investigadores en los últimos 4 años en esta temática. Sin embargo, aunque en algunas de estas publicaciones se han empleado el método de Extracción Asistida por Ultrasonido, en la mayoría de los casos predomina el uso de solventes convencionales como el hexano, metanol, alcohol, éter de petróleo, acetona, entre otros. En correspondencia a la problemática hasta aquí presentada, se ha planteado el siguiente problema de investigación:

¿Cuáles son lo solventes ecológicos con potencial para ser usados por los investigadores de la Universidad Estatal Amazónica en las extracciones de productos naturales a partir de matrices vegetales?

## *1.2. Objetivos*

### *1.2.1 Objetivo General.*

Proponer el uso de solventes ecológicos en las extracciones de productos naturales de las investigaciones en la Universidad Estatal Amazónica a partir de una revisión sistemática bibliográfica.

### *1.2.2 Objetivos específicos.*

- Examinar informaciones relevantes relacionadas con el uso de solventes ecológicos utilizadas en la extracción de productos naturales.

- Identificar los principales solventes ecológicos aplicados en la extracción de productos naturales, que puedan aportar criterios para su posible empleo en las investigaciones en la Universidad Estatal Amazónica.
- Sugerir solventes ecológicos que puedan ser aplicados en la extracción de productos naturales, en las investigaciones relacionadas con extracción de productos naturales de la Universidad Estatal Amazónica.

## *1.3. Justificación*

Los disolventes se utilizan a diario en numerosos procesos industriales, y se estima que comprenden casi el 60% de todas las emisiones industriales y el 30% de todas las emisiones orgánicas volátiles de compuestos en todo el mundo (Marina Cvjetko, 2015). Los compuestos naturales pueden obtenerse de las plantas utilizando métodos de extracción tanto convencionales como los no-convencionales. Los métodos de extracción no-convencionales son de naturaleza más económica y ecológica en comparación con los métodos de extracción convencionales, debido a esto, los últimos son cada vez más reemplazados por los primeros. El rendimiento de extracción depende en gran medida del método de extracción y del disolvente utilizado (Pisoschi et al., 2016). Una variedad de disolventes no polares, polares medios y polares (hexano, diclorometano, cloroformo, éter, acetato de etilo, acetona, butanol, etanol, metanol, agua y una combinación de disolventes polares) son utilizados para la extracción de compuestos naturales. Entre estos disolventes, el etanol, el metanol y el agua son los disolventes más utilizados. Como el etanol es de naturaleza orgánica y no tóxica, se utiliza principalmente para la extracción de antioxidantes naturales en comparación con el metanol, que es de naturaleza tóxica. Sin embargo, la eliminación de agua del extracto después de la extracción es un gran problema debido a sus altos puntos de ebullición y necesita algunos métodos especiales como la liofilización (Patial et al., 2019). Además, se debe considerar también la facilidad

para adquirir este producto y el menor riesgo en cuanto a su elaboración y aplicación. A sí mismo, poseen mejores características que los solventes convencionales, en cuanto a su nivel de toxicidad, su permeabilidad y la aplicación en el interior de los laboratorios. Estos solventes pueden ser utilizados en cualquier tipo de espacios, ya que estudios científicos han comprobado que la elaboración de los solventes ecológicos no contiene sustancias nocivas y en ningún caso desprenden gases tóxicos, ni en su producción, aplicación y ni en su reciclaje. Es por ello que la química verde o solventes ecológicos surgen como una alternativa para contrarrestar la contaminación provocada por las actividades industriales y/o antropogénicas, mediante la elaboración de químicos que no atenten contra la salud o el medio ambiente (Escobar, 2015).

Las actividades ecológicas son en la actualidad de mucha importancia debido a la urgente necesidad de hacer un uso racional de la naturaleza. La extracción de productos naturales en matrices vegetales es muy importante, puesto que es algo natural que no afectaría tanto al medio ambiente. Es por ello que los productos naturales son aquellas moléculas de tipo orgánico que son elaboradas en la naturaleza. En la actualidad la tendencia por el uso o aplicación de productos naturales se encuentra en auge debido a que la mayoría de las empresas industriales están enfocándose en el desarrollo de productos saludables para así satisfacer la demanda del mercado que cada vez se ve interesada en adquirir productos de origen natural por su enfoque holístico de bienestar.

# CAPÍTULO II.

# 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

## 2.1. Matrices vegetales

### *2.1.1 Caracterización*

La matriz vegetal hace referencia al objeto de extracción de productos naturales, las cuales son fuentes de agua, vitaminas, provitaminas, fibra dietaría, minerales y fitoquímicos significativos (vitamina C vitaminas del grupo B, provitamina A), fibra dietaría, minerales y fitoquímicos significativos para la dieta humana y para los cultivos probióticos (Castro, 2017).

Las plantas superiores contienen siempre varios pigmentos, clorofila, algunas xantofilas y carotinas. Todos estos pigmentos son insolubles en agua, pero se disuelven fácilmente en algunos solventes orgánicos, como ciertos alcoholes, acetona, benzol, cloroformo, éter, etc. Para una eficiente separación cuantitativa de los pigmentos es un tanto difícil de obtenerlos de forma pura se limitará a realizar una extracción con disolventes adecuados.

A través de las matrices vegetales se puede recopilar información de solventes ecológicos considerando varios aspectos importantes como: el costo, su disponibilidad y la facilidad de aplicar el protocolo de extracción en los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica, según indiquen los parámetros utilizados en su selección.

#### *2.1.1.1. Polifenoles*

Son compuestos de origen vegetal con potentes propiedades antioxidantes que se encuentran en muchas frutas y verduras como las moras, el aceite de oliva, frijol de soya, los arándanos y las uvas (Quiñones.M, 2012).

Los compuestos fenólicos son el grupo más extenso de sustancias no energéticas presentes en los alimentos de origen vegetal. En los últimos años se ha demostrado que

una dieta rica en polifenoles vegetales puede mejorar la salud y disminuir la incidencia de enfermedades cardiovasculares. La mayoría de los polifenoles están presentes en los alimentos como esteres, glucósidos o polímeros, en formas que no se pueden absorber.

Algunos polifenoles son específicos de determinados alimentos (*flavanonas* en cítricos, isoflavonas en soja). Otros, como la quercetina, se pueden encontrar en un gran número de plantas (frutas, vegetales, cereales, leguminosas, té, vino, etc.). Generalmente, los alimentos contienen una mezcla compleja de polifenoles (Quiñones M. , 2012).

#### *2.1.1.2. Lípidos*

Son componentes bilógicos solubles en solventes no polares y prácticamente insolubles en agua de manera que pueda ser apolar o antipático; en consecuencia, hace que estas moléculas sean muy variadas en estructura y función biológica. Las estructuras de estas biomoléculas abarcan largas cadenas hidrocarbonadas, unidades de isopreno y grupos funcionales diversos (oxigenados principalmente).

Varios lípidos contienen en su estructura derivados de los ácidos grasos. Estos ácidos grasos se pueden clasificar como saturados e insaturados, en el caso de contener o no doble enlaces respectivamente. La estructura general de los ácidos grasos saturados se describe en la ecuación de la (estructura general de los ácidos grasos saturados) $R-(CH_2)_n-COOH$ (Pardo, 2016)

#### *2.1.1.3. Actividad antioxidante*

Es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa, de tal manera que un antioxidante actúa, principalmente, gracias a su capacidad para reaccionar con radicales libres y, por lo tanto, recibe el nombre de antioxidante terminador de cadena. Sin embargo, es necesario distinguir también entre actividad estabilizadora de radicales libres o antiradicalaria (en inglés, scavenger) y actividad antioxidante (Londoño, 2012). Son compuestos, naturales o sintéticos, que pueden retrasar o inhibir la

oxidación de los lípidos u otras moléculas mediante la inhibición de la iniciación o propagación de las reacciones oxidativas en cadena, en lo principal a través, de la absorción y la neutralización de radicales libres, los cuales son especies nocivas generadas durante el metabolismo oxidativo (Garro, 2015).

#### *2.1.1.4. Antioxidantes Naturales*

Se trata de un grupo de vitaminas, minerales, colorantes naturales y otros compuestos de vegetales y enzimas (sustancias propias de nuestro organismo que intervienen en múltiples procesos metabólicos), que bloquean el efecto perjudicial de los denominados radicales libres.

La mayoría de los antioxidantes se encuentra en alimentos vegetales, lo que explica que incluir frutas, legumbres, verduras y hortalizas o cereales integrales en nuestra dieta sea tan beneficioso (Retana, 2018).

El sistema de defensa antioxidante está compuesto por un grupo de sustancias que, estando presentes en bajas concentraciones con respecto al sustrato oxidable, retrasan o previenen significativamente su oxidación (Pace, 2010).

### *2.1.2. Extracción*

Es la técnica empleada para separar un producto orgánico de una mezcla de reacción o para aislarlo de sus fuentes naturales. Puede definirse como la separación de un componente de una mezcla por medio de un disolvente. En la práctica es muy utilizada para separar compuestos orgánicos de las soluciones o suspensiones acuosas en las que se encuentran. El procedimiento consiste en agitarlas con un disolvente orgánico inmiscible con el agua y dejar separar ambas capas. Los distintos solutos presentes se distribuyen entre las fases acuosas y orgánicas, de acuerdo con sus solubilidades relativas (Fernández G. , 2012).

#### *2.1.2.1. Extractos vegetales*

Son compuestos que se extraen de las plantas y se someten a un determinado proceso que permite extraer de las plantas determinadas substancias útiles.

Para obtener este resultado, esas sustancias se someten a un proceso determinado, que puede varias etapas de reacción, extracción y separación. En algunos casos, una determinada sustancia es unida a otras con el fin de potenciar aún más sus efectos. En todo esto es indispensable tomar en cuenta que los extractos vegetales contienen elementos vivos, por lo que deben tratarse con mucho cuidado (Camarillo, 2010).

Para (Camarillo, 2010). Un extracto contiene los componentes activos más importantes del vegetal, de manera más concentrada. De hecho, en un extracto, la cantidad del compuesto puede ser miles de veces superior a la que se encuentra originariamente en el vegetal.

Estas características permiten muchas posibilidades de uso, algunas de ellas son:

- Aumentar la dosis de un compuesto activo ya presente en un alimento para que sea realmente efectivo en el organismo del consumidor y pueda proporcionarle un beneficio saludable.
- Incorporar un compuesto activo a un alimento para aumentar su vida útil. Los extractos pueden minimizar los ataques microbianos, retrasar el enranciamiento de un alimento y ralentizar la pérdida de color.
- Añadir a un cosmético la parte bioactiva de un vegetal.
- Aportar al organismo mediante la ingesta de un suplemento una dosis de un compuesto activo que minimice la aparición de determinadas enfermedades. De no ser así, el organismo debería consumir grandes cantidades de ciertos alimentos para alcanzar ese mismo beneficio.

- Innovar productos basados en una cantidad mayor de propiedades saludables.

#### *2.1.2.2. Tipos de extractos vegetales*

Según el medio en el que están macerados, los extractos vegetales pueden ser:

- **Glicólicos**: macerados principalmente en propilenglicol.
- **Hidroalcohólicos** o tinturas: macerados en alcohol etílico de diferentes graduaciones según el activo a extraer.
- **Oleosos**: macerados en un aceite vegetal.
- **Hidrosolubles**: macerados en glicerina y agua.

Es muy importante conocer el tipo de extracto para saber si se adapta al producto que vas a hacer. Y es que según la elaboración que vayas a preparar deberás de escoger un extracto u otro (Velada, 2017).

#### *2.1.2.3. Extracto Antioxidante*

Son compuestos, naturales o sintéticos, que pueden retrasar o inhibir la oxidación de los lípidos u otras moléculas mediante la inhibición de la iniciación o propagación de las reacciones oxidativas en cadena, en lo principal a través, de la absorción y la neutralización de radicales libres, los cuales son especies nocivas generadas durante el metabolismo oxidativo (Garro Alejandro, 2015).

### *2.1.3. Extracción de productos naturales*

Procedimiento de separación que permite extraer un compuesto a partir de biomasa, utilizando disolventes.

Por lo general se emplea la extracción solido-líquida para remover un producto natural, como los pigmentos, colorantes y materiales grasos a partir de la fuente. El principio de extracción consiste en la selección de un solvente capas de disolver el compuesto deseado, pero deja los compuestos no deseados en la fuente natural de

naturaleza sólida (Guarnizo.A, 2009). Son varias las tecnologías y métodos aplicados en procesos de extracción.

#### *2.1.3.1.Extracción asistida por microondas (MAE)*

Se pueden obtener mejores rendimientos y calidad en menor tiempo de extracción. Ofrece energía a través de materiales que generan calor facilitando la formación de vapor de agua que causa disrupción en la membrana celular haciendo eficiente la extracción de metabolitos intracelulares como los lípidos. A temperaturas de 120 °C se han encontrado incrementos en la eficiencia de extracción de hasta 115,5% de aceite comparado con la extracción Soxhlet. Son procesos patentados que utilizan la energía de microondas para mejorar o acelerar procesos físicos, químicos o biológicos. Inicialmente utilizados para la extracción de aceites esenciales en material vegetal (Jesús Alberto García Nuñez & Bélanger, 1994).

#### *2.1.3.2. Extracción asistida por ultrasonido (EAU)*

El potencial de aplicación del método de extracción asistida por ultrasonido ha sido reconocido en la industria de extracción fito- farmacéutica para una amplia gama de extractos de plantas. Se describe como un método eficiente, ecológico, económicamente viable, fácil de operar y ampliamente aplicable, incluso si su aplicación en la industria presenta varios desafíos (J. Deng, 2017).

Una de las ventajas de este método es su sencilla aplicación, bajo costo y periodos de extracción relativamente cortos comparados con otros métodos. Además, es una técnica relativamente novedosa que ofrece ventajas ambientales, como el uso de menores cantidades de solvente, consumo de energía reducido, uso de solventes menos tóxicos y menor cantidad de productos de desecho permitiendo extracciones más selectivas y rápidas con recuperación similar o mejor, comparada con procesos de extracción convencionales (extracción por ultrasonido y Soxhet ), y por tanto, constituye una

alternativa para mejorar la calidad de los productos de extracción y disminuir su impacto ambiental (Mosquera David M, 2012).

Estudios realizados sobre compuestos fenólicos de aceituna fresca (Yasiel Arteaga, 2020). Demostraron que los EAU pueden aumentar la extracción de rendimientos de compuestos fenólicos en comparación con otros métodos de extracción, mejorando la actividad antioxidante del extracto final. Generalmente, la eficiencia de la tecnología de los EAU puede verse afectada por la frecuencia de la onda ultrasónica, la temperatura y el tiempo de sonicación, pero también por las características del solvente, y el tamaño de las partículas de la muestra también juega un papel en el proceso de extracción. EAU promueve la transferencia de masa y posiblemente la ruptura de las paredes celulares, a través de la cavitación acústica rompe el tejido de las plantas para liberar el contenido celular mejorando la eficiencia y el rendimiento de la extracción (Navarro M. Jacotet, 2015). (S. Shirsath, 2012)

#### *2.1.3.3.Extracción asistida por enzimas*

Es una estrategia novedosa para la disrupción de la membrana celular y liberar compuestos intracelulares. El método trabaja sobre la acción selectiva de las enzimas. Es una técnica suave, específica y amigable con el medio ambiente. Pueden provocar la ruptura de la pared celular incluso a nivel molecular. Debido a la efectividad de las enzimas para romper la pared celular, pueden actuar de forma sinérgica con otros solventes (denominados “Green”) o medios físicos en la extracción de aceites (Rodriguez, 2019).

Favorece la extractibilidad del aceite al degradar la pared celular de la materia prima. La aplicación de la tecnología enzimática se ha estudiado con éxito en la extracción de aceites vegetales de girasol, soja, colza, afrecho de arroz, coco, cacahuate, maíz, aguacate, oliva y palma (Guerra & Zuñiga, 2003). La mayor ventaja que ofrecen

las enzimas es su insuperable selectividad. Las enzimas se emplean para incrementar la selectividad química de la reacción y son capaces de diferenciar sustratos enantiométricos. El hecho de que las enzimas sean activas en condiciones de pH y temperatura ambientales o suaves y preferentemente en presencia de agua hace que actualmente esto sea más una ventaja que una desventaja. Las reacciones enzimáticas tienen lugar a medios orgánicos en sistemas con disolventes orgánicos y sistemas libres de disolventes (Frutos, 2008).

#### *2.1.3.4. Extracción asistida por tensoactivos*

Es menos toxica, utiliza productos químicos biodegradables y tiene gran potencial para la extracción de lípidos sin la necesidad de equipos. Se caracteriza por una composición antipática (hidrófilos e hidrófobos) (Soler, 2019).

#### *2.1.3.5.Extracción por Soxhelt*

La extracción Soxhelt es una técnica utilizada para obtener compuestos semivolátiles y no volátiles. En este método, el material vegetal se coloca en una bolsa porosa en la plataforma Soxhelt. El disolvente de extracción en un matraz de fondo redondo se hierve a la temperatura deseada y sus vapores se condensan en un condesador. El vapor enfriado gotea sobre la muestra de hierbas y se extrae por contacto. Cuando el líquido sube al nivel de desbordamiento, un sifón aspira la solución al interior del matraz. Este ciclo se continúa durante varias horas hasta que se adquiere un fotoquímico adecuado. A continuación, la mezcla de disolventes se concentra mediante un evaporador rotatorio (Zhuoyan, 2011). Las principales desventajas de este método son que implica un largo tiempo de extracción y se consume una gran cantidad de solvente, que es costoso de eliminar y puede causar contaminación ambiental. El largo tiempo de extracción y la alta temperatura aumentan la probabilidad de degradación de las sustancias termolábiles

(Zhang Q.W., 2018). También se ha convertido en un método poco atractivo para analizar un gran número de muestras debido a su largo tiempo de extracción, y las muestras solo se pueden extraer una vez para cada aparato.

#### *2.1.3.6.Extracción asistida mediante destilación por arrastre con vapor*

Es la técnica más difundida porque es fácil de operar y produce aceites de alta calidad. La técnica consiste en vaporizar dos líquidos inmiscibles a temperaturas inferiores a las de ebullición de cada uno de los componentes volátiles por efecto de una corriente directa de vapor de agua. El vapor ejerce la doble función de calentar la mezcla hasta su punto de ebullición y disminuir la temperatura de ebullición al adicionar la tensión (presión) del vapor, que se inyecta, a la de los componentes volátiles de los aceites esenciales. Los vapores que salen se enfrían hasta condensar y los dos líquidos inmiscibles: agua y aceite esencial, finalmente, se separan por gravedad. En la destilación por arrastre con vapor, el vapor húmedo o seco se produce por separado en una caldera y se inyecta por la parte inferior del recipiente que contiene el material vegetal. La ventaja de este tipo de destilación "seca" es que es relativamente rápida, consume menos energía y causa menos transformaciones químicas a los componentes lábiles o reactivos de los aceites esenciales (Armijo C., 2012).

#### *2.1.3.7.Extracción con disolventes orgánicos*

La extracción con disolventes es la técnica de separación de un compuesto a partir de una mezcla sólida o líquida, aprovechando las diferencias de solubilidad de los componentes de la mezcla en un disolvente adecuado. Se basa en la transferencia selectiva del compuesto desde una mezcla sólida o líquida con otros compuestos hacia una fase líquida (normalmente un disolvente orgánico). El éxito de la técnica depende básicamente de la diferencia de solubilidad en el disolvente de extracción entre el compuesto deseado y los otros compuestos presentes en la mezcla inicial, la separación

y la purificación del producto deseado son tan importantes como la optimización de su síntesis, con lo cual, además de mejorar las condiciones de reacción buscando un elevado rendimiento de formación del producto deseado, se tienen que plantear procesos eficientes de separación que permitan una recuperación máxima del producto a partir de la mezcla de reacción. La extracción es una te las técnicas más útiles para hacerlo. (Tejedor, 2014).

### *2.1.4. Solventes ecológicos*

#### *2.1.4.1.Que son los solventes*

Son sustancias de gran uso a nivel industrial y del laboratorio. Desafortunadamente, los solventes que se utilizan son compuestos de naturaleza orgánica que durante su manipulación se liberan a la atmósfera compuestos orgánicos volátiles (COV's) que generan diversos problemas al medio ambiente (Sánchez, 2019). Son compuestos capaces de disolver sustancias, son volátiles de bajo peso molecular y altamente lipofílicos, el solvente más común en la vida diaria es el agua. Muchos otros solventes son compuestos orgánicos, es decir que tienen enlaces de carbono-hidrógeno en su estructura (alcoholes, cetonas, hidrocarburos, entre otros) (Concha, 2004).

#### *2.1.4.2.Clasificación de los solventes*

Los solventes se clasifican en distintas clases, de acuerdo con sus propiedades y a su estructura molecular. Los solventes más utilizados son alifáticos, aromáticos, alcoholes, esteres, cetonas e hidrocarburos.

*Solventes alifáticos*

Son aquellos compuestos orgánicos que están constituidos por carbono e hidrógeno, en los cuales los átomos de carbono forman cadenas abiertas. Los hidrocarburos alifáticos de cadena abierta se clasifican en alcanos (enlaces simples), alquenos (enlaces dobles) y alquinos (enlaces triples). Se caracterizan por derivarse

principalmente del petróleo. Estas mezclas de hidrocarburos poseen una composición variada ya que esta depende del crudo del cual provenga y del proceso de producción. Los solventes alifáticos no se encuentran estandarizados ni clasificados de forma rígida, aunque se pueden dividir dependiendo los rangos de destilación a los que son sometidos; también se pueden dividir dependiendo del punto de ebullición que presentan (Percy, 2009).

*Solventes aromáticos*

Son polares y provienen del procesamiento de naftas en las unidades de Reforma Catalítica y de Recuperación de Aromáticos. Se los pueden obtener como productos químicamente puros o mezclas (Percy, 2009).

*Solventes con alcohol*

Son compuestos orgánicos formados a partir de los hidrocarburos mediante la sustitución de uno o más grupos hidroxilo por un número igual de átomos de hidrógeno. Los alcoholes se utilizan como productos químicos intermedios y disolventes en las industrias de textiles, colorantes, productos químicos, detergentes, perfumes, alimentos, bebidas, cosméticos, pinturas y barnices (Vicente, 2019).

*Solventes químicos*

Es una sustancia química en la que se disuelve un soluto (un sólido, líquido o gas químicamente diferente), resultando en una disolución, normalmente el solvente es el componente de una disolución presente en mayor cantidad.

#### *2.1.4.3.Definición de solventes ecológicos*

Para (Verde, 2009). Los solventes ecológicos o Química verde, también conocida como química sustentable, involucra a los productos, materiales y procesos químicos que ayuda a reducir la formación de residuos o a eliminarlos.

Los solventes ecológicos tienen como objetivo reducir el impacto ambiental a través de la utilización de estos productos ecológicos.

El concepto de solventes ecológicos o química verde fue desarrollado en Estados unidos a principios de la década de 1990 con el propósito de ofrecer un marco para la prevención de la contaminación relacionada con las actividades químicas.

El concepto que propone (Anastas, 1998), es que el objetivo de la química verde es diseñar productos y procedimientos químicos que permitan reducir o eliminar la utilización y la síntesis de sustancias peligrosas.

#### *2.1.4.4.Tipos de solventes verdes*

- Solventes reactivos: Son solventes que poseen baja volatilidad relativa, y tienen la capacidad de reaccionar con otros componentes, evaporándose al medioambiente (no constituyen COVs).
- Solventes benignos: Son solventes que no dañan el medio ambiente, en esta clase de solventes también se encuentran los solventes libres de compuestos clorados, comparados con los disolventes convencionales.
- Solventes neotéricos: El término neo significa moderno, contemporáneo, reciente; involucra a los solventes que presentan menor toxicidad, son más seguros y menos contaminantes que los solventes convencionales. Entre ellos se incluyen tanto nuevos fluidos con propiedades ajustables, como compuestos poco usados como solventes en la actualidad. Pero que están siendo investigados por sus usos potenciales como solventes, ya que permitirían una mayor sostenibilidad en futuras aplicaciones (Verde, 2009).

### *2.1.4.5.Clasificación de los disolventes neotéricos*

#### ***2.1.4.5.1.*** *Líquido fluoroso.*

El término fluoroso fue introducido por (Horvath, 1990). En su analogía con los medios acuosos. Son compuestos orgánicos en los que se han sustituido los enlaces carbono-hidrógeno por carbono-flúor y que se encuentra en estado líquido en condiciones normales. Son químicamente inertes, por lo que se evita la obtención de subproductos. Son térmicamente estables, por lo que se pueden usar a altas temperaturas sin peligro. No son inflamables ni tóxicos, por lo que se evita los riesgos de incendios o explosiones. Se pueden mezclar con muchos disolventes orgánicos y con el agua, lo que facilita el uso de sistemas bifásicos.

#### ***2.1.4.5.2.*** *Líquido iónico.*

Son compuestos que presentan características de sales con su punto de temperatura de fusión por debajo de los 100ºC. Compuestos por un catión orgánico siendo uno de los más comunes el tetraalquilamonio, y un aniónpoliatómico como puede ser el hexafluorofosfato. Los líquidos iónicos pueden ser constituidos por un gran número de aniones y cationes con lo que sus propiedades varían de unos a otros. En cuanto a la utilización de un Líquido iónico como disolvente alternativo, reseñar que presenta una escasa volatilidad, debido a su presión de vapor prácticamente nula. También presenta una excelente estabilidad química y térmica, pudiéndose emplear a elevadas temperaturas, y una gran solvatación con otras muchas sustancias, en contra partida decir que su coste de obtención es elevado.

#### ***2.1.4.5.3.*** *Fluido supercrítico.*

Por su importancia como disolvente alternativo cabe destacar el fluido supercrítico, que es aquel que se encuentra por encima de su presión y de su temperatura crítica. En este estado, la línea de separación de fases líquido-gas se interrumpe. Esto

implica la formación de una sola fase, en la que el fluido tiene propiedades intermedias entre las de un líquido y las de un gas, por lo que mientras se mantiene una gran difusividad propia de los gases, se consigue una alta densidad cercana a la de los líquidos. Considerados como inertes y no tóxicos, siendo su coste barato y pudiendo variar sus propiedades con cambios de presión. La propiedad más característica de los fluidos supercríticos es el amplio rango de altas densidades que pueden adoptar dependiendo de las condiciones de presión y/o de temperatura, a diferencia de los líquidos que son prácticamente incompresibles, y de los gases que poseen densidades siempre muy bajas (Fernández F. J., 2008).

#### ***2.1.4.5.4.*** *Dióxido de carbono supercrítico como solvente.*

El uso del dióxido de carbono supercrítico como solvente implica el emplear tecnología de alta presión (presión mínima de trabajo 73.8 bar), con la posibilidad de realizar extracciones abajas temperaturas (temperatura mínima de trabajo); además, luego de la extracción los extractos obtenidos con dióxido de carbono supercrítico estarán libres de solvente. Debido a que el dióxido de carbono es inerte, químicamente estable, no es tóxico ni inflamable y es económico. Este es el fluido más empleado en los procesos de extracción de este tipo son los fluidos supercríticos, el dióxido de carbono podría llegar a reemplazar una gran cantidad de solventes orgánicos convencionales. Sin embargo, la alta inversión requerida para el montaje de un equipo de extracción con fluidos supercríticos así como los pocos datos ingenieriles y termodinámicos existentes sobre el tema han impedido el empleo masivo de esta técnica de extracción.

#### ***2.1.4.5.5.*** *Solventes bio-derivados.*

En este grupo se encuentran terpenos, *fame* de origen vegetal y lactato de etilo. Son disolventes de base biológica eficientes, ecológicos y rentables económicamente. Los terpenos son compuestos orgánicos obtenidos a partir de plantas y especies de cítricos

como el D-limonero, p-cimeno, entre otros. Así mismo, han surgido nuevos solventes ecológicos derivados de materias primas agrícolas, biológicas como el lactato de etilo y metil soyato, de manera que han resultado biodegradables, renovables y de baja toxicidad (Verde, 2009).

### *2.1.5. Química verde*

Se enfoca principalmente en el diseño de productos y procesos químicos que implica la reducción o eliminación de sustancias peligrosos para las personas y el medio ambiente. La Química Verde está enfocada en el diseño de procesos, la preparación y el uso de productos químicos con un potencial de contaminación y riesgo ambiental menor a los tradicionales, basados en diferentes tecnologías (Sierra, 2014). La química verde busca la prevención de la contaminación ambiental mediante el diseño de procesos y productos químicos que no posean propiedades dañinas al medio ambiente. Estas investigaciones tratan de promover el desarrollo y uso de tecnologías químicas innovadoras que reduzcan o eliminen el uso o generación de sustancias dañinas en el diseño, manufactura y uso de productos químicos (Pizarro, 2008). Consiste en diseñar productos y procesos químicos para reducir o eliminar el uso o la generación de sustancias peligrosas, la química verde se aplica en todo el ciclo de vida de un producto químico, incluyendo su diseño, fabricación y utilización.

#### *2.1.5.1.¿Qué es la química sostenible?*

Es utilizar la tecnología necesaria para cubrir las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para conseguir sus propias necesidades (Puente, 2012). Busca contribuir al desarrollo y bienestar de todas las naciones del planeta, sin afectar a la naturaleza ni a las generaciones futuras. Esta contribución tiene lugar de manera primordial por la sostenibilidad de la propia actividad química industrial, que ve amenazada la viabilidad de su producción por el previsible

agotamiento irreversible de las fuentes de las materias de partida, y por las normativas legales, formuladas en defensa de la sociedad y de la naturaleza, cada vez más estrictas y económicamente onerosas, también busca la reducción de la contaminación por las sustancias nocivas para la salud y para el medio ambiente (Warner J.C., 2004).

#### *2.1.5.2.Principios de los Solventes Ecológicos o Química Verde*

Los principales principios de la química verde fueron resumidos por (Vaišknait, 2016) y se muestran a continuación.

**Tabla 1**. *Principios de la Química verde.*

| | |
|---|---|
| Prevención | Es mejor evitar la formación de residuos que tratarlos o limpiarlos después de que se hayan formado. |
| Economía de átomos | Los métodos de síntesis deberían diseñarse para maximizar la incorporación de todos los materiales utilizados en el producto final. |
| Productos químicos intermedios menos tóxicos | Siempre que sea posible, las metodologías sintéticas deberían diseñarse para usar y generar sustancias con poca o ninguna toxicidad para la salud humana y el medio ambiente. |
| Productos finales más seguros | Los productos químicos deberían diseñarse para mantener la eficacia de su función, a la vez que reducen su toxicidad. |
| Reducción del uso de sustancias auxiliares | El empleo de sustancias auxiliares (como disolventes, agentes de separación, etc.) debería evitarse en lo posible, y ser inocuo cuando se empleen. |
| Reducción del consumo energético | El impacto medioambiental y económico de los requerimientos energéticos debe ser reconocido y minimizado. Los métodos sintéticos deberían aplicarse a presión y temperatura ambiente. |
| Uso de materias primas renovables | Deben utilizarse materias primas renovables siempre que sea técnica y económicamente viable. |
| Reducción de la derivatización innecesaria | La derivatización innecesaria (grupos bloqueadores, etapas de protección/desprotección, modificaciones temporales) debe evitarse en la medida de lo posible |
| Uso de catalizadores | Los reactivos catalíticos (tan selectivos como sea posible) son superiores a los reactivos estequiométricos. |

| | |
|---|---|
| Diseño para la degradación | Los productos químicos deben diseñarse de forma que al final de su función no persistan en el entorno y se degraden en productos inocuos. |
| Desarrollo de tecnologías analíticas para la monitorización en tiempo real | Deben desarrollarse metodologías analíticas que permitan el seguimiento y control de procesos en tiempo real, antes de que se formen sustancias peligrosas. |
| Minimización del riesgo de accidentes químicos | Las sustancias químicas y las formas en que se usan dichas sustancias en un proceso químico deben escogerse para minimizar el potencial de accidentes químicos, incluyendo vertidos, explosiones e incendios. |

#### *2.1.5.3. Parámetros de selección del solvente ecológico.*

Para realizar la selección del solvente ecológico se debe tomar en cuenta tres criterios fundamentales:

a) 30% del valor correspondiente al costo del solvente.

b) 30% del valor correspondiente a la disponibilidad.

c) 40% del valor correspondiente a la factibilidad de emplear el respectivo protocolo de extracción en la Universidad Estatal Amazónica.

Tomando en cuenta que para cada solvente y parámetro se le dará un valor de 0 a 5, siendo 0 la puntuación más baja y 5 el mejor.

Son sustancias que se añaden a los alimentos de origen cárnico para evitar la "rancidez", problema que provoca decoloración, sabor desagradable y produce elementos nocivos para la salud. El sistema de defensa antioxidante está compuesto por un grupo de sustancias que, estando presentes en bajas concentraciones con respecto al sustrato oxidable, retrasan o previenen significativamente su oxidación (Pace, 2010).

# CAPÍTULO III.

## 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1 Tipo de la investigación

La presente investigación se realizó bajo lineamientos de estudios exploratorios lo cual nos permitirá identificar los principales solventes ecológicos aplicados en la extracción de productos naturales**.** Con un tipo de investigación documental que establecerá nuevos conocimientos a partir de la búsqueda bibliográfica. Se buscaron estudios de investigación que están aplicadas o relacionadas a la utilización y elaboración de nuevos solventes que vayan de la mano con el cuidado y protección del ambiente.

### 3.2 Métodos de investigación

#### *3.3.1. Método Descriptivo*

Este método se implementó como parte del razonamiento de la situación para así analizar los efectos que pueden causar los solventes ecológicos, lo cual tiene como objetivo llegar a una conclusión general y lograr crear alguna alternativa (Hidalgo, 2005).

### *3.3.2. Método Explicativo*

Este método permite conocer los hechos del problema dentro de un contexto ambiental y social, el cual nos permitirá identificar las causas y el efecto que han originado la mala utilización de los solventes ecológicos como una alternativa de extracción de productos naturales de matrices vegetales por parte de la población (Ibarrola, 2020).

Este tipo de estudio se realizó a través de herramientas bibliométricas, que ayudan a comprender como funcionan los solventes ecológicos de extracción de productos naturales de matrices vegetales e identificar los vacíos en la literatura científica, por lo que la investigación planteada, tiene un potencial significativo para contribuir en el campo y permite analizar el comportamiento bibliográfico.

La revisión sistemática de la literatura se puede considerar como “un medio para evaluar e interpretar toda la investigación disponible relevante para una pregunta de investigación particular o área temática o fenómeno de interés" (Kitchenham, Dyba, & Jorgensen, 2004).

Algunas de las características claves de una revisión sistemática, según (Moher et al., 2015) son:

a. Un conjunto de objetivos claramente establecido con una metodología explícita y reproducible;
b. Una búsqueda sistemática que intenta identificar todos los estudios que cumplirían con los criterios de elegibilidad;
c. Una evaluación de la validez de los hallazgos de los estudios incluidos (por ejemplo, evaluación del riesgo de sesgo y confianza en las estimaciones acumulativas).

Presentación sistemática y síntesis de las características y hallazgos de los estudios incluidos.

Como plantea (Brereton, Kitchenham, Budgen, Turner, & Khalil, 2007) los trabajos de investigación resumidos en la revisión se denominan estudios primarios, mientras que la revisión es de estudios secundarios. La acumulación de evidencia a través de estudios secundarios puede ser muy valiosa para implementar nuevas ideas o para identificar dónde se podría aclarar un problema mediante estudios primarios adicionales (Padua, 2017).

Para (Remón, 2010) la investigación bibliográfica debe ir de acuerdo con su fuente, ya que depende del tipo de información que se desee buscar para ello se debe definir algunas cuestiones:

Tipo de fuente: primaria, secundaria y terciaria.

Primarias: proporcionan datos desde la fuente o de primera mano como por ejemplo los libros, antologías, artículos de publicaciones periódicas, monografías, tesis, disertaciones, documentos oficiales. Siendo el más importante el artículo científico.

Secundarias: son recopilaciones, resúmenes, listado de referencias publicadas, es decir reprocesan información de primera mano u oficiales.

Terciaria: son documentos que están comprendidas de nombres y títulos de revista u otras publicaciones periódicas. Son muy eficaces para detectar fuentes no documentales.

En este trabajo, se estableció términos de búsqueda con palabras claves que están relacionadas con el tema de investigación y a la vez son separadas con operadores booleanos (and, or, not), que incluirán “solvents, extraction, sustainable, organic solvents, green solvents”. Todos estos términos fueron obtenidos de títulos de revistas, resúmenes o palabras claves de artículos científicos. Además, se estableció como

restricción fechas de publicaciones del año 2015. La base de datos que se tomaron en cuenta fueron los artículos publicados por editoriales académicas reconocidas como: Scielo, Sciencedirect, Google académico, Wiley Online Library, LCR Virtual, Academia.edu, RefSeek y List of academic databases and search engines. Además de la utilización de otro tipo de documentos, como conferencias e informes de investigación.

# CAPÍTULO IV.

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Recopilación de la información relevante de los artículos relacionados con extracciones en matrices vegetales

Se revisaron los artículos de la Universidad Estatal Amazónica donde se encontraron 80 artículos relacionado con el tema de Extracciones en Matrices vegetales de los años 2016 hasta el 2020. A partir de los resultados previamente analizados de las investigaciones por parte de la Universidad Estatal Amazónica en los últimos 4 años, se elaboró una tabla-síntesis con artículos encontrados en la cual resaltamos los principales tipos de solventes utilizados, materiales empleados y métodos de extracción.

**Tabla 2.** *Publicaciones por investigadores de la Universidad Estatal Amazónica*

| N° | Año | Artículo | Tipo de Solvente | Material | Método | Referencias |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 2016 | Efectos de los aceites esenciales amazónicos de *Citrus limon* y *Cymbopogon citratus* sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos | Agua | Hojas frescas | Destilación tipo Clevenger, mediante el método del arrastre con vapor | (Laura, Bélgica, Alessandra, & Matteo, 2016). |
| **2** | 2017 | Antiproliferative activity of *Psidium guajava* essential oil: a preliminary study | Agua | Hojas | Hidrodestilación en un destilador de acero inoxidable equipado con | (Matteo, Matteo, Alessandra, & Francesco, 2017). |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Aparato Clevenger | |
| **3** | 2017 | Polyphenols extracts from (*T heobroma cacao*) and Chuchuhuaso (*Maytenus macrocarpa*) as possible natural Amazonia n antioxidant. | Etanol | Corteza | Extracción asistida por ultrasonido (Ultrasound A ssited Extracti on UAE) (Brason Ultras onic, E.E.U.U). | (Ruth, Luis, Matteo, Bravo Luis, & Andrea, 2017). |
| **4** | 2018 | Chemical characterisation and antioxidant activity of *Aphandra natalia* mesocarp and its oil from the Amazon region of Ecuador | n. hexano | Pulpa de fruta | Método Soxhlet | (Viafara D. , Naranjo, Álvarez, Reyes, & Barreno, 2018). |
| **5** | 2018 | Moringa oleífera Leaf Extracts as Multifunctional Ingredients for "Natural and Organic" Sunscreens and Photoprotective Preparations | Etanol Metanol | Hojas | | (Baldisserotto, Buso, Vertuani, & Manfredini, 2018) |
| **6** | 2019 | Use of Hibiscus sabdariffa ex tract as a natural antioxidant in sausa ges | Etanol | | | (Arias , Chango, & Caicedo, 2019). |
| **7** | 2020 | Optimización of total extracti ble from *Maytenus macrocar pa* by ultrasound by using the response Surface methodology | Metanol Etanol Acetona | Corteza | Extracción asistida por ultrasonido en un baño, modelo Branso nic Ultrasonic Bath. | (Arteaga, Radice, Bravo, & García, 2020). |
| **8** | 2019 | Chemical characterization, fatty acid profile and antioxidant activity of *Gustavia macarenensis* fruit mesocarp and its oil from the Amazonian region of Ecuador as an unconventional source of vegetable oil | n-hexano | Pulpa de fruta | Método Soxhlet | (Reyes-Mera, Abreu-Naranjo, Alvarez-Suarez, & Viafara, 2019). |
| **9** | 2019 | Evaluation of the synergistic effects of antioxidant activity on mixtures of the essential oil from *Apium graveolens* L., *Thymus vulgaris* L. and *Coriandrum* | Metanol | Hojas | Extracción por destilación al vapor, se utilizó un aparato de extracción de | (Arteaga-Crespo, Bravo-Sánchez, García-Quintana, & Tapuy, 2019). |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *sativum* L. using simplex-lattice design | | | aceite esencial de la marca FIGMAY | |
| **10** | 2020 | Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic antioxidants from *Ilex guayusa* Loes. leaves using response surface methodology | Etanol | Hojas | Extracción asistida por ultrasonido (EAU), utilizando un baño de ultrasonidos Branson 38000, serie CPXH (Branson ultrasonic BV, Utrecht, The Netherland) | (Arteaga-Crespo, Radice, Bravo-Sánchez, & García-Quintana, 2020). |
| **11** | 2020 | Optimización de extraíbles totales a partir de corteza de *Maytenus macrocarpa* asistida por ultrasonido mediante metodología de superficie de respuesta | Etanol | Corteza | Extracción asisitida por ultrasonido en un baño (30cm x 22cm x 26cm) modelo Bransonic Ultrasonic Bath CPXH Series a una frecuencia establecida de 20kHz durante el tiempo de experimentación. | (Abreu-Naranjo R. , Arteaga-Crespo, Bravo-Sánchez, & Pérez- Quintana, 2020). |
| **12** | 2020 | Physico-chemical characterisation of *Capparis scabrida* seed oil and pulp, a potential source of eicosapentaenoic acid | n- hexano | Semillas | Método AOAC, en el aparato Soxhlet. | (Abreu-Naranjo, Ramirez-Huila, Reyes, & Viafara, 2020). |
| **13** | 2020 | *Caffeine content*, total polyphenols and antioxidant activity of the mucilage concentrate of the *Coffea arabica* L. species, variety "*Catuai*" and "Castillo", in the province of Pastaza (Ecuador). | Clorofor mo | Mucílagos de café | Una centrífuga a 3000 rpm | (Romero-Vistin, Guaman, Lucero, & Radice, 2020). |

En lo referente a los resultados podemos indicar que, la mayor parte de los artículos realizan extracciones de aceites vegetales, siendo el tipo de solvente más utilizado el hexano, etanol y metanol, para lo cual utilizaron hojas secas, corteza, pulpa de fruta y semillas como materia prima y el método que predominó es la extracción por Soxhlet, extracción asistida por ultrasonido y el método destilación por arrastre con vapor. Por ese orden decreciente:

1. **Efectos de los aceites esenciales amazónicos de *Citrus limon* y *Cymbopogon citratus* sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos**

Dentro de los aceites esenciales existe una amplia diversidad de rendimiento y composición química. Los factores que mayormente influyen en la composición y concentración de los constituyentes son las condiciones climáticas como la duración del día, la irradiación solar, la temperatura y el abastecimiento de agua, el lugar de crecimiento de la planta y la época de cosecha, así como los factores intrínsecos a la planta como la edad y el estado de desarrollo. La composición del aceite esencial también varía de acuerdo al órgano o parte de la planta del cual se extraiga (Başer, 2010).

(Scalvenzi, 2016). Indica que los aceites esenciales se obtienen mediante varias técnicas (destilación, hidrodestilación, extracción con dióxido de carbono supercrítica) a partir de plantas de diferentes familias botánicas. Estas mezclas son extensamente conocidas e investigadas por sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes y citotóxicas. El aceite esencial de Citrus limón tuvo un rendimiento de extracción de 0,44%, se han identificado 36 diferentes compuestos químicos y los más abundantes han sido los monoterpenos: limoneno (28,14%). Otros ejemplos de artículos desarrollados por la autora sobre extracciones de aceites son:

- Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic antioxidants from *Ilex guayusa Loes*. leaves using response surface methodology (Arteaga-Crespo, Radice, Bravo-Sánchez, & García-Quintana, 2020).
- Actividad antifúngica in vitro de aceites esenciales de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. y Piper *aduncum* (Scalvenzi, Yaguache-Camacho, Cabrera- Martínez, & Guerrini, 2016).

2. **Antiproliferative activity of Psidium guajava essential oil: a preliminary study**

Las muestras de aceite muestran un efecto citóxico en las células líneas con patrón dependiente de la dosis. El ácido es un compuesto fenólico ampliamente distribuido en hierbas labiadas como romero, albahaca dulce y perilla, puede inhibir la proliferación celular inducida por el factor crecimiento (Manosroi & Dhumtanom, 2005).

(Radice, Chiurato, Guerrini, & Lazupone, 2017), demostraron que, el aceite esencial se obtuvo por hidrodestilación en un destilador de acero inoxidable equipado con Aparato Clevenger, se obtuvo aceite esencial realizando tres destilaciones distintas y aceite esencial el rendimiento (sin humedad) fue del 0,14%. El aceite se secó sobre sulfato de sodio anhidro y se almacenó en viales ámbar sellados al 4ºC, el aceite mostro una vida corta media. A partir de estos alentadores resultados, se ha planeado investigar con eficacia estos aceites en combinación con medicamentos utilizados contra el cáncer. Otros ejemplos de artículos desarrollados por el autor sobre extracciones de aceites son:

- Inhibitory effect of *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. and *Piper aduncum* L. essential oils from Ecuador on West Nile virus infection (Radice, Pietrantoni, Guerrini, & Tacchini, 2019).
- *Ocimum campechianum* mill. from Amazonian Ecuador: Chemical Composition and biological activities of extracts and their main

constituents (eugenol and rosmarinic acid) (Taccchini, Echeverria, Grandini, & Maresca, 2021).

3. **Polyphenols extracts from (*Theobroma cacao*) and Chuchuhuaso (*Maytenus macrocarpa*) as posible natural Amazonian antioxidant.**

El cacao es una fruta tropical, se encuentra principalmente en las costas y región amazónica, los granos tienen una ata actividad biológica debido a la presencia de antioxidantes como polifenoles que pueden mejorar la salud y disminuir la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Quiñones & Miguel, 2012).

(Pérez, Silva, Radice, & Bravo, 2017), determinan que una vez analizados los extractos de las especies amazónicas es posible alentar que los compuestos antioxidantes fenólicos y polifenólicos permiten realizar una declaración preliminar sobre una prometedora actividad antioxidante determinada en extractos triplicados de hidroalcohólicos por *Folin* Método analítico de *Ciocalteu*. La precisión de los resultados de obtenidos con el proceso de extractos fue adecuada con coeficientes de variación en todos los casos inferiores al 5%.

4. **Chemical characterisation and antioxidant activity of *Aphandra natalia* mesocarp and its oil from the Amazon region of Ecuador**

El método Soxhlet, ampliamente utilizado, para el proceso inicial de extracción de lípidos totales (Kamel & Kakuda, 2007). En este artículo (Viafara, Naranjo, Suarez, & Mera, 2018). Utilizaron el método de extracción Soxhlet para la extracción de aceite vegetal de la pulpa de fruto de *Aphandra Natalia* usando como solvente el hexano. El rendimiento de extracción se calculó como relación entre masa de aceite obtenida y la masa de crudo del material utilizado. Otro ejemplo de artículo desarrollado por el autor sobre extracciones pero esta vez aplicaron el método de extracción asistida por ultrasonido fue:

- Optimización de extraíbles totales a partir de corteza de *Maytenus macrocarpa* asistida por ultrasonido mediante metodología de superficie de respuesta (Abreu-Naranjo R. , Arteaga-Crespo, Bravo-Sánchez, & Pérez- Quintana, 2020).

5. **Extractos de hojas de Moringa *oleifera* como multifuncionales Ingredientes para protectores solares "naturales y orgánicos" y preparaciones fotoprotectoras**

El objetivo del estudio fue la preparación, caracterización y evaluación de extractos de las hojas de Moringa oleífera como un complemento herbal para el cuidado del sol. La cual se ha preparado químicamente tres extractos diferentes de hojas de Moringa oleífera de Senegal, caracterizado en la fracción fenólica. Para explorar propiedades fotoprotectoras, una evaluación extensa de filtrado Uv, los extractos fueron demostrados que confiere valores significativos de protección con un 50% de protección contra rayos UV-B, en concentraciones tan bajas como el 2% a 4%, ampliando el número potencial de usos de esta planta en el ámbito medicinal y nutricional (Baldisserotto, Buso, & Radice, 2018).

6. **Use of *Hibiscus sabdariffa* extract as a natural antioxidant in sausags**

Los extractos de *multiflorum* después de la irradiación UVB sostenida, los resultados indican que la aplicación tópica de P. *multiflorum* de extractos inhibe fuertemente el estrés oxidativo inducido por irradiación UVB, el cual tiene un efecto anti-fotoenvejecimiento (Salazar González, Vergara Balderas, Ortega Regules, & Guerrero Beltrán, 2012).

El uso del extracto de Jamaica en diferentes concentraciones actúa como antioxidante natural en la preparación de embutidos nos permite ofrecer alternativas saludables como un conservante de salchichas (Pérez-Quintana & Chango, 2019).

7. **Optimización of total extractible from *Maytenus macrocarpa* by ultr asound by using the response Surface methodology.**

La optimización de extraíbles totales de *M. Macrocarpa* asistida por ultrasonido mediante Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) para un mejor aprovechamiento de este recurso natural, se aplicó optimización de los factores y obtener un modelo predictivo que represente adecuadamente los cambios en la variable respuesta. El modelo obtenido para la extracción asistida por ultrasonido de extraíbles totales a partir de corteza de *M. macrocarpa* fue significativo. Para aumentar la eficacia del proceso de extracción o reducir los costos y tiempos, son factores determinantes para el buen aprovechamiento de este recurso natural.

Mostrando un rendimiento máximo de contenido de extraíbles totales igual al 14.86% como condiciones óptimas para el rango y variables consideradas al estudio (Naranjo, Crespo, & Sanchez, 2019). Otro ejemplo de artículo desarrollado por el autor sobre extracciones a partir de matrices vegetales fue:

- Response surface methodology for optimisation of total polyphenol content and antioxidant activity of extracts from *Maytenus macrocarpa* bark by means of ultrasound-assisted extraction (Abreu-Naranjo R. , Arteaga-Crespo, Bravo-Sanchez, & Perez-Quintana, 2018)

8. **Chemical characterization, fatty acid profile and antioxidant activity of *Gustavia macarenensis* fruit mesocarp and its oil from the Amazonian region of Ecuador as an unconventional source of vegetable oil**

(Mera, Abreu-Naranjo, Alvarez-Suarez, & Viafara, 2019), determinan que, el método Soxhlet fue seleccionado como método de extracción del aceite vegetal a partir de la pulpa de la fruta, utilizando el n-hexano como disolvente, el rendimiento de

extracción se calculó como la relación entre masa de aceite obtenida y la masa de materia prima utilizada, mostrando como resultado que el mesocarpio de la fruta tiene un alto valor de fibra y proteína pura.

9. **Evaluation of the synergistic effects of antioxidant activity on mixtures of the essential oil from *Apium graveolens* L., *Thymus vulgaris* L. and *Coriandrum sativum* L. using simplex-lattice design**

(Bajpai & Baek, 2016) Indican que, los aceites esenciales son compuestos aromáticos volátiles generados a partir de metabolismo secundario en plantas, se compone de entre una docena y varios cientos de componentes, que consisten principalmente en terpenos y terpenoides, incluidos los derivados oxigenados, tales como aldehídos, cetonas, alcoholes, éteres y epóxidos. (A.Burdock & G.Carabinb, 2009). Demuestran que la actividad antioxidante de los aceites esenciales extraídos de *A.graveolens, T vulgaris y C. satium* podrían atribuirse a sus componentes principales que también se los pueden utilizar en aditivos aromatizantes en alimentos.

Se utilizó un aparato de extracción de aceite esencial para extraer volátil de las tres especies de plantas. El aparato comprende de un sistema de calentamiento de cuarzo transparente y politetrafluoroetilena. Todas las mezclas experimentales obtenida tuvieron mayor acción antixidante que *A. graveolens y C. satium* solos. La adición de *T. vulgaris* a las mezclas también dieron como resultado una mayor actividad antioxidante. Los resultados obtenidos están en de acuerdo con los encontrados por otros autores en estudios de diseño de mezclas para una actividad antioxidante óptima de mezclas de aceites esenciales (Crespo, Sanchez, Quintana, & Cabrera, 2019). Otro ejemplo de artículo desarrollado por el autor sobre extracciones de matrices vegetales fue:

- Optimización de la extracción asistida por ultrasonido de antioxidantes fenólicos de *Ilex guayusa* Loes utilizando la metodología de superficie de respuesta (Dumitraşcu, Enachi, Stănciuc, & Aprodu , 2019).

10. **Optimisation of ultrasound – assisted extraction of phenolic antioxidants frm *Ilex guayusa* Loes. I eaves using response Surface methodology**

*Ilex guayusa* es un árbol emblemático de la Región Amazónica Ecuatoriana, se han realizado pocos estudios y la especie merece una bioprospección más profunda actividad, también con el fin de definir una nueva estrategia de Biocomercio para la EAR. Esta revisión resume aquellos datos etnofarmacológicos y las investigaciones sobre *I. guayusa*. Actividades biológicas prometedoras Se han detectado, especialmente como nueva fuente de agentes antioxidantes debido a la presencia de fenólicos compuestos. También un estudio preliminar como producto natural antidiabético da cuenta de nuevas investigaciones (Radice & Scalvenzi, 2016).

(Arteaga-Crespo & Bravo, 2020), indican que, de acuerdo con los resultados, las variables influyentes fueron seleccionadas para la optimización del proceso de extracción, han encontrado al proceso de extracción de compuestos polifenólicos totales de la corteza a *Maytenus macrocarpa* (Chuchuguaso). En conclusión, la relación etanol / agua fue la variable más influyente en la extracción asistida por ultrasonido de compuestos antioxidantes fenólicos de hojas de guayusa.

11. **Optimización de extraíbles totales a partir de corteza de *Maytenus macrocarpa* asistida por ultrasonido mediante metodología de superficie de respuesta**

La extracción del aceite esencial de *Macrocarpa* es asistida por ultrasonido mediante la metodología de Superficie de Respuesta, para un mejor aprovechamiento de

este recurso natural. El modelo obtenido para la extracción de extraíbles totales a partir de corteza *Maytenus macrocarpa* fue significativo lo que implica la variación total en el proceso al cual se le atribuyó a los factores considerados y es adecuado para representar los datos experimentales (Abreu-Naranjo, Arteaga-Crespo, Bravo-Sánchez, & Quintana, 2020).

Sin embargo, aumentar la eficiencia del proceso de extracción o reducir los costos y tiempos, son factores determinantes para el buen aprovechamiento de este recurso natural. Por otra parte, hay varias entre varias técnicas de extracción los altos rendimientos de extracción obtenidos a través de ultrasonido pueden estar en la descomposición de las paredes celulares lo cual aumenta la biodisponiblidad de los micronutrientes al tiempo que conserva una calidad similar a la natural. Para la cual se obtuvo un rendimiento máximo de contenido de extraíbles totales igual al 14.86% consideradas en el estudio (Abreu-Naranjo, Arteaga-Crespo, Bravo-Sánchez, & Quintana, 2020).

### 12. Physico-chemical characterisation of *Capparis scabrida* seed oil and pulp, a potential source of eicosapentaenoic acid

Los aceites vegetales son fuentes importantes de bioactivos solubles en lípidos, componentes y ácidos grasos esenciales para la nutrición humana (Yang, 2011). El objetivo principal del estudio fue evaluar *C. scabrida* como fuente no convencional de vegetal sobre la basa de sus principales propiedades, tales como características físicas y químicas y contenido fenólico total.

Se llevó acabo la extracción de compuestos fenólicos de las muestras de aceite. Extracción líquido – líquido utilizando metanol como disolvente, la determinación del contenido total de fenoles se realizó utilizando *Floin* método reactivo de *Ciocalteu*. Los

resultados mostraron que las semillas de C. scabrida tienen potencial como fuente de aceite vegetal (Abreu-Naranjoa, Ramirez-Huila, Mera, & Banguera, 2020).

### 13. Caffeine content, total polyphenols and antioxidant activity of the mucilage concentrate of the *Coffea arabica* L. species, variety "*Catuai*" and "Castillo", in the province of Pastaza (Ecuador).

(Romero-Vistin, Guaman-Castillo, Lucero-Montaño, & Radice, 2020), establecen que el café *(coffea arábica)* es una semilla que debe ser eliminado como desperdicio. Es por ello que en la provincia de Pastaza existen dos variedades de especies cultivadas, el objetivo de esta investigación es determinar la cantidad de cafeína y el contenido total de polifenoles de la actividad antioxidante. Cloroformo es un compuesto químico conocido como triclorometano, es un líquido incoloro con aroma agradable, no es irrita y posee un sabor dulzón. Este compuesto se encuentra en el medio ambiente que provienen de la industria, antes se lo utilizaba como anestésico para las cirugías.

El método utilizado en esta investigación es la destilación al vacío utilizando un rotavapor, con el cual lograron determinar el pH, la viscosidad y los sólidos totales. En la muestra de cafeína se utilizaron 10g de muestra y lo agitaron hasta que la muestra sea homogénea. En cambio, para establecer el contenido de polifenoles se realizó mediante el método de Folin- Ciocalteu. Como resultado de este ensayo en la actividad antioxidante obtuvieron resultados similares en ambas variedades. Otros ejemplos relacionados con el autor:

- Polyphenol-Retaining Decaffeinated Cocoa Powder Obtained by Supercritical Carbon Dioxide Extraction and Its Antioxidant Activity (Kobori , Maruta , & Mineo, 2013).

- Effects of caffeine, tea polyphenol and daidzein on the pharmacokinetics of lansoprazole and its metabolites in rats (Gao, Tao, Ji, & Xiang, 2015).

Se revisaron artículos donde se encontraron 7 artículos relevantes con el tema de Extracciones en Matrices vegetales de los años 2012 hasta el 2020. A partir de los resultados previamente analizados de las investigaciones se elaboró una tabla-síntesis con artículos encontrados en la cual resaltamos los principales tipos de solventes utilizados, ventajas, desventajas y métodos empleados.

**Tabla 3.** *Artículos de aplicaciones de los principales solventes ecológicos a partir de una revisión sistemática*

| N° | Año | Artículo | Tipo de Solvente Ecológico | Ventajas | Desventajas | Método | Referencias |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 2015 | Green Solvents for Green Technologies | Líquidos iónicos a base de *colinio* | Se recuperan con relativa facilidad después del proceso.<br>Es importante en el ámbito medioambiental.<br>Pueden degradarse hasta el 99% de materia prima inicial. | Elevado costo (de 5 a 20 mayor que los solventes convencionales). | Microondas Ultrasonido dentro de microrreactores. | (Bubalo, 2015) |
| **2** | 2015 | Green Solvents for Green Technologies | Eutécticos profundos | Bajos componentes del costo.<br>Preparación simple.<br>Perfil de toxicidad bajo o insignificante.<br>Sostenibilidad en vista de los beneficios ambientales. | Aún queda mucho por investigar sobre el método. | | (Bubalo, 2015) |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Seguros para el consumo humano. | | | |
| **3** | 2015 | Green Solvents for Green Technologies | Glicerol | Bajo precio<br>No toxicidad<br>No inflamabilidad<br>Biodegradabilidad.<br>Físico prometedor<br>Permite reutilización del disolvente. | La aplicación de glicerol permite trabajar con sustratos poco miscibles en el agua. | | (Bubalo, 2015) |
| **4** | 2020 | Comparación de los métodos de extracción para hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos marinos empleando Soxhet y baño ultrasónico | Hidrocarburos aromáticos | Su uso en fármacos es muy importante.<br>Posee muchos usos. | Producen residuos nocivos para la salud.<br>Pueden ser cancerígenos. | Extracción por Soxhlet y baño ultrasónico. | (Viera Ribot O. M., 2020). |
| **5** | 2019 | Extracción enzimática de d-limoneno en cáscara de limón | D-limoneno | Extracción menos contaminante<br>Corto período de tiempo en extracción<br>Bajo costo de inversión. | Baja producción de subproductos. | Extracción enzimática.<br>Extracción asistida con destilación por arrastre con vapor. | (Cedeño, 2019). |
| **6** | 2017 | Green solvents for sample preparation in analytical chemistry | Agua | Costo económico<br>Uso Simple de equipos.<br>Bajo impacto ambiental. | Los compuestos deben estar en elevadas temperaturas. | Maceración | (Vian, Breil, LéaVernes, Chaabani, & Chemat, 2017). |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **7** | 2012 | Biorefinería forestal: Extracción de hemicelulosas de *Pinus* radiata para la obtención de bioetanol integrada a la producción de celulosa kraft | Bioetanol | Su producción es menos costosa.<br>Es eficiente a nivel ecológico.<br>Alto nivel de accesibilidad.<br>Uso de carburantes de origen vegetal. | Su producción de manda grandes extensiones de tierras.<br>La destilación perjudica al medio ambiente.<br>Uso de fertilizantes contaminantes. | Extracción mediante fermentación de licores. | (Perales, 2012). |

La tabla 2 del capítulo 4 resalta los resultados de solventes ecológicos la cual muestra los principales tipos de solventes orgánicos como son: líquidos iónicos a base de *colinio*, eutécticos profundos, glicerol, hidrocarburos aromáticos, D-limoneno, agua y bioetanol con sus respectivas ventajas y desventajas. Siendo la extracción asistida por microondas, ultrasonido dentro de microrreactores, extracción por Soxhlet, baño ultrasónico, extracción enzimática, extracción asistida con destilación por arrastre con vapor, maceración y extracción mediante fermentación de licores los principales métodos de extracción encontrados en 7 artículos sobre extracciones en matrices vegetales que comprenden los años 2012 al 2020.

1. **Disolventes Verdes para Tecnologías Verdes (Green Solvents for Green Technologies).**

En muchos procesos industriales se utilizan disolventes orgánicos volátiles, debido a que definen una parte importante del rendimiento medioambiental y económico del proceso. Es por ello que se busca desarrollar nuevas tecnologías ecológicas que se dediquen a diseñar nuevos disolventes sintonizables y respetuosos con el ambiente y

lograr así satisfacer las demandas tecnologías y económicas. En los solventes ecológicos que se han propuesto esta los Líquidos iónicos a base de *colinio*.

(Marina Cvjetko Bubalo S. V., 2015)**.** Indica que los líquidos iónicos son sales orgánicas que contiene iones y que su punto de fusión es de 100°C, lo cual hace que se vea atractiva para el punto de vista tecnológico y ecológico, esto debido a que no produce volatilidad, inflamabilidad y estabilidad. Los cationes de los Líquidos iónicos suelen ser moléculas orgánicas voluminosas que son sustituidas de manera diferente esto debido a su baja simetría que contiene nitrógeno, fosforo, sulfuratomo con carga positiva, lo cual hace que se convine con aniones orgánicos e inorgánicos. Además, existen enlaces de hidrogeno, dipolo-interacciones dipolo y van der Waals que son disolventes orgánicos tradicionales. Otros ejemplos de artículos desarrollados por el autor sobre extracciones son:

- Green extraction of grape skin phenolics by using deep eutectic solvents (Cvjetko-Bubalo, Ćurko, & Tomašević, 2016).
- Natural deep eutectic solvents as beneficial extractants for enhancement of plant extracts bioactivity (Radošević, Ćurko, Gaurina-Srček, & Cvjetko-Bubalo, 2016).

## 2. Green Solvents for Green Technologies

Dentro de la gramática se encontraron varios tipos de solventes verdes, en el cual se destaca el solvente Eutéctico profundo, el cual está formado por la mezcla de otros componentes sólidos en condiciones normales de temperatura, físicamente constituyen un líquido.

(Marina Cvjetko Bubalo S. V., 2015). Establece que los disolventes eutécticos profundos son una nueva generación de sales líquidas basadas en los Líquidos iónicos, que generalmente están basados en las mezclas que fueron obtenidas de complejos

aceptores de hidrogeno como lo es la sal de amonio cuaternario, el cual no es tóxico ya que es de origen natural. Además, poseen numerosas posibilidades de diseñar propiedades fisicoquímicas para un fin determinado, los cuales lo convierte en disolventes de diseño. Los Líquidos iónicos y los Solventes eutécticos profundos poseen varias ventajas, debido a que tiene un bajo costo, su preparación es fácil, el perfil de toxicidad es bajo o insignificante y presenta una sostenibilidad en los beneficios ambientales y económicos. Las primeras aplicaciones del disolvente eutéctico se encontraron en la electrodeposición y en el electropulido de metales, así también se lo encontraba en la producción del biodiesel. Otros ejemplos de artículos desarrollados por el autor sobre extracciones son:

- Natural deep eutectic solvents and ultrasound-assisted extraction: Green approaches for extraction of wine lees anthocyanins (Bosiljkov, 2017).
- Extraction of S-and N-compounds from the mixture of hydrocarbons by ionic liquids as selective solvents (Beata Gabrić, 2013).

## 3. Disolventes Verdes para Tecnologías Verdes

En la literatura se pueden encontrar varios solventes dentro de los llamados solventes orgánicos para tecnologías verdes, de los cuales se destaca el Glicerol.

(Marina Cvjetko Bubalo S. V., 2015). Resalta las propiedades del glicerol como un solvente, en el cual se puede decir que el glicerol es muy atractivo en el campo de la química orgánica debido a su estrecha similitud con el agua. Cabe recalcar que el glicerol es visto como alternativa de disolvente verde, puesto que trabaja con sustratos poco misibles en el agua y este puede funcionar como una molécula hidrofóbica. Además, con dicho solvente se puede facilitar la disolución de sales inorgánicas, ácidos, bases, enzimas y muchos metales de transición. Lo cual permite el funcionamiento de los procesos a altas temperaturas y su destilación permite la reutilización del disolvente. Es por ello que el

glicerol también presenta algunos inconvenientes debido a su alta viscosidad y baja solubilidad a compuestos altamente hidrofóbicos y gases. En algunos casos el uso del glicerol como disolvente ha mejorado la eficiencia y selectividad de las reacciones, además permite una fácil separación del producto y el reciclaje del catalizador. Otros ejemplos de artículos desarrollados por el autor sobre extracciones son:

- New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents (Marina Cvjetko Bubaloa, 2018).
- Extraction of S-and N-compounds from the mixture of hydrocarbons by ionic liquids as selective solvents (Gabrić, 2013).

**4. Comparación de los métodos de extracción para hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos marinos empleando Soxhet y baño ultrasónico.**

La revisión bibliográfica muestra los roles importantes de la química de los procesos atmosféricos, es por ello que dentro de los compuestos orgánicos se encuentran los hidrocarburos aromáticos. (Viera Ribot, 2020). Establece que los hidrocarburos aromáticos son moléculas de dos o más anillos aromáticos fusionados, ya que posee baja solubilidad en el agua, es un disolvente orgánico reconocido por su alta capacidad mutagénica y carcinogénica. Es por ello que dicho autor utilizo la técnica de extracción de hidrocarburos aromáticos, mediante ultrasonido para lo cual han utilizado muestras de alimentos, suelo y sedimentos, comparándole así con la extracción de Soxhet en los cuales obtuvieron muy buenos resultados, esto debido a que las muestras poseen baja masa molar y son más fáciles de extraer mediante el método de Soxhet, mientras que las que tienen la masa molar media o alta es preferible utilizar los dos métodos. Ejemplos de artículos relacionados con el tema:

- Niveles de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) acumulados en sedimentos del embalse Hanabanilla, Villa Clara, Cuba (Ribot, 2018).

- Temporal variation in the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) off the Galician Coast after the “Prestige” oil spill (Graña, 2006)

**5. Extracción enzimática de d-limoneno en cáscara de limón**

Las sustancias de origen natural han ido incrementando el interés sobre la necesidad de desarrollar métodos de extracción menos contaminantes y con máximo rendimiento, es por ello que entre esos solventes encontramos el D-limoneno.

(Coello-Cedeño, 2019). Estipula que la extracción enzimática es una tecnología con aplicación en la industria de los aceites debido a que ofrece diferentes ventajas, elimina el consumo de solventes convencionales lo que hace que su costo de inversión y requerimiento energético sea menor. El D- limoneno es un terpeno monocíclico, debido a que posee una fragancia agradable a cítricos que es utilizado con un aditivo de fragancia, además se le utiliza como saborizantes de perfumes, jabones, alimentos, gomas, de mascar y bebidas. Es por ello que dicho autor utilizo el método de maceración enzimática de las cascaras de limón para comprobar que las muestras obtenidas por este método son muy eficientes, mientras que por otros métodos no se obtuvieron los mismos resultados. Ejemplos de artículos relacionados

- The Extraction and Quantification of Limonene from Citrus Rinds Using GC/MS (Davidowski, 2009).
- Extracción enzimática de limoneno en cáscara de limón (Ibarrab, 2015).

**6. Green solvents for sample preparation in analytical chemistry**

En la actualidad se han incorporado los principios de la química verde en los métodos analíticos, los cuales tiene como propósito diseñar nuevos solventes orgánicos para remplazar los solventes convencionales, ya que se caracterizan por su alta volatilidad, inflamabilidad y toxicidad. Es por ello que en este artículo hemos encontrado el solvente más importante con es el agua.

(Vian, Breil, LéaVernes, Chaabani, & Chemat, 2017). Nos dice que el agua es el solvente universal, debido a que posee la capacidad de disolver la mayoría de sustancias polares. Permite la interacción con un soluto de manera más fuerte de cómo lo hace a dichas partículas del solvente. Mientras que (Marina Cvjetko Bubalo S. V., 2015), establece el agua es el solvente más importante de la naturaleza, ya que posee muchas propiedades que trabajan como medio para reaccionar en estado supercrítico, se comporta de manera diferente al agua. El agua es un disolvente polar, que permite utilizar principalmente extracciones de compuestos polares, a temperaturas ambientales el agua puede presentar inconvenientes a la hora de utilizarlo como un solvente de extracción eficiente, el agua es un solvente orgánico ya que no es inflamable, ni toxico, además es amigable con el medioambiente y posee bajo costo. Otros ejemplos de artículos desarrollados por el autor sobre extracciones son:

- Toward petroleum-free with plant-based chemistry (Farid Chemat, 2021).

7. **Biorefinería forestal: Extracción de hemicelulosas de *Pinus* radiata para la obtención de bioetanol integrada a la producción de celulosa kraft**

La Biomasa lignocelulósica (BLC) está constituida principalmente por celulosa, lignina y hemicelulosas. Ya que están formados por polímeros heterogéneos que están constituidos por unidades de la pentosa y hexosa. (Pablo Reyes, 2012) . Establece que las investigaciones nuevas son fuentes de energía limpia y respetuosa con el ambiente han sido impulsadas por la búsqueda de nuevas alternativas, que buscan generar combustibles a través de la biomasa independientemente de cuál sea su origen, es por ello que el bioetanol ha sido considerado como una nueva alternativa.

Para (Perales, 2012). El bioetanol puede ser obtenido a partir de la biomasa vegetal y esta puede ser extraída de manera continua y renovable. El bioetanol puede ser obtenido de la fermentación de los azúcares solubles que provienen de materias vegetales

ricos en azúcar, por medio del uso de levaduras y bacterias. Gracias a la gran diversidad vegetal que existe se puede aprovechar para la obtención de materias primas, lo cual representa una fuente de empleo, promueve una mejora económica y tecnológica. Otros ejemplos relacionados con el autor:

- Characterization and valorization of hemicelluloses from Aristida pungens leaves as biomaterial. Carbohydrate Polymers (Chaa, 2008).
- Extraction optimized by using response surface methodology, purification and preliminary characterization of polysaccharides from *Hyriopsis cumingii*. Carbohydrate Polymers (Qiao, 2009).

**CONCLUSIONES**

- Los métodos de extracción ecológica es un área en crecimiento de la química verde y en la literatura científica se puede encontrar numerosos artículos publicados relacionados con el término "green solvents", donde se resalta sus beneficios ambientales con respecto a los solventes tradicionales.
- Los artículos publicados por investigadores de la Universidad Estatal Amazónica que guardan relación con el tema de extracciones de compuestos bioactivos en matrices vegetales, predominan el uso de solventes convencionales como: el etanol, metanol y hexano, sin embargo, existe una tendencia al uso del método de extracción asistida por ultrasonido.
- De los solventes ecológicos encontrado en la literatura que pueden ser usado en investigaciones de la Universidad Estatal Amazónica, se puede encontrar el D-limoneno como alternativa del n-hexano en la extracción de aceites vegetales, debido a que poseen beneficios ambientales, no contaminantes y biodegradables. Además, se puede combinar con el método extracción asistida por ultrasonido,

para lograr alta eficiencia en la extracción comparada con los métodos convencionales.

## RECOMENDACIONES

- Es favorable la utilización de solventes verdes, debido a sus múltiples beneficios, es por ello que se recomienda la utilización del D- limoneno como solvente, puesto que su extracción no contamina, es a corto plazo y tiene poco costo de inversión.
- Se recomienda utilizar el método de extracción asistida por microondas en la Universidad Estatal Amazónica, debido a que es un método simple y eficaz que evita la pérdida de analitos durante la extracción y se dispone de un equipo en uno de los laboratorios.
- Se recomienda utilizar con más frecuencia la extracción asistida por ultrasonido, esto debido a que la Universidad Estatal Amazónica si posee este tipo de instrumentos en los laboratorios, lo que permitiría que las extracciones sean más rápidas.

## BIBLIOGRAFÍA

A.Burdock, G., & G.Carabinb, I. (2009). Safety assessment of coriander (Coriandrum sativum L.) essential oil as a food ingredient. *Food and Chemical Toxicology*, 22-34, 14 (1).

Abreu-Naranjo , R., Arteaga-Crespo, Y., Bravo-Sanchez, L., & Perez-Quintana, M. (2018). • Response surface methodology for optimisation of total polyphenol content and antioxidant activity of extracts from Maytenus macrocarpa bark by means of ultrasound-assisted extraction. *SpringerLink*, 1.

Abreu-Naranjo, R., Arteaga-Crespo, Y., Bravo-Sánchez, R., & Quintana, M. P. (2020). Optimización de extraíbles totales a partir de corteza de Maytenus macrocarpa asistida por ultrasonido mediante metodología de superficie de respuesta. *ResearchGate*, 2-8.

Abreu-Naranjoa, R., Ramirez-Huila, W. N., Mera, J. J., & Banguera, D. V. (2020). Physico-chemical characterisation of Capparis scabrida seed oil and pulp, a potential source of eicosapentaenoic acid. *Food Bioscience*, 1-8, https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100624.

Anastas, P. (1998). Green Chemistry, teory and practice. En P. A. Warner. Frontiers.

Arias , R., Chango, J., & Caicedo, W. (2019). Use of Hibiscus sabdariffa extract as a natural antioxidant in sausages. *MOL2NET, International Conference Series on Multidisciplinary Sciences* , 1-3, doi:10.3390/mol2net-05-xxxx.

Armijo C., J. V. (2012). Modelamiento y simulación del proceso de extracción de aceites esenciales mediante la destilación por arrastre con vapor. *Revista Peruana De Química E Ingeniería Química*, 2.

Arteaga, Y., Bravo, L. R., & García, Y. (2019). Evaluation of the synergistic effects of antioxidant activity on mixtures of the essential oil from Apium graveolens L., Thymus vulgaris L. and Coriandrum sativum L. using simplex-lattice design. *Heliyon*, 1-4, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01942.

Arteaga, Y., Radice, M., Bravo, L., & García, Y. (2020). Optimización of total extractible from Maytenus macrocarpa by ultrasound by using the response Surface methodology. *Heliyon*, 1-3, doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03043.

Arteaga-Crespo, Y. R., & Bravo, L. R. (2020). Optimisation of ultrasound – assisted extraction of phenolic antioxidants frm Ilex guayusa Loes. I eaves using

response Surface methodology. *Heliyon*, 1-8, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03043.

Arteaga-Crespo, Y., Bravo-Sánchez, L., García-Quintana, Y., & Tapuy, A. S. (2019). Evaluation of the synergistic effects of antioxidant activity on mixtures of the essential oil from Apium graveolens L., Thymus vulgaris L. and Coriandrum sativum L. using simplex-lattice design. *Heliyon*, 1-3, doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01942.

Arteaga-Crespo, Y., Radice, M., Bravo-Sánchez, L., & García-Quintana, Y. (2020). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic antioxidants from Ilex guayusa Loes. leaves using response surface methodology. *Heliyon, 6 (1)*, 1-4, doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03043.

Avila, A. P. (2012). *Dspace*. Obtenido de Dspace: http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2468/1/tq1111.pdf

Bajpai, V. K., & Baek, k.-H. (2016). Biological Efficacy and Application of Essential Oils in Foods-A Review. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* , 1-19, https://doi.org/10.1080/0972060X.2014.935033.

Baldisserotto, A., Buso, P., & Radice, M. (2018). Moringa oleifera Leaf Extracts as Multifunctional Ingredients for “Natural and Organic” Sunscreens and Photoprotective Preparations. *Molecules, 23*, 1-16, doi:10.3390/molecules23030664.

Baldisserotto, A., Buso, P., Radice, M., & Dissette, V. (2018). Extractos de hojas de Moringa oleifera como multifuncionales Ingredientes para protectores solares "naturales y orgánicos" y preparaciones fotoprotectoras. *Molecules, 23*, 1-5, doi:10.3390/molecules23030664.

Baldisserotto, A., Buso, P., Radice, M., & Dissette, V. (2018). Moringa oleifera Leaf Extracts as Multifunctional Ingredients for “Natural and Organic” Sunscreens and Photoprotective Preparations. *Molecules*, 1-5, doi:10.3390/molecules23030664.

Başer, K. y. (2010). *Handbook of Essential Oils: Science, Technology and Applications.* Boca Raton: CRC Press.

Beata Gabrić, A. S. (23 de Abril de 2013). Extraction of S- and N-Compounds from the Mixture of Hydrocarbons by Ionic Liquids as Selective Solvents. *hindawi.com*. Obtenido de https://www.hindawi.com/journals/tswj/2013/512953/

Bosiljkov, T. (marzo de 2017). Natural deep eutectic solvents and ultrasound-assisted extraction: Green approaches for extraction of wine lees anthocyanins. *sciencedirect.com, 102*, 195-203. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960308516301808

Bubalo, M. C. (2015). Green Solvents for Green Technologies. *Accepted article*, 17-19. Obtenido de Accepted article: file:///C:/Users/USER/Downloads/Green%20Solvents%20for%20Green%20Technologies%202015%20(1).pdf

Camarillo, J. (2010). *NutriNews.* Obtenido de NutriNews: https://nutricionanimal.info/extractos-vegetales-i-aplicacion-para-la-reduccion-del-estres/

Castro, C. A. (2017). *Scielo.* Obtenido de Scielo: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-75182017000400383&script=sci_arttext&tlng=p

Cedeño, D. C. (2019). Extracción enzimática de d-limoneno en cáscara de limón. *researchgate.net*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/342734450_Extraccion_enzimatica_de_D-Limoneno_en_cascara_de_Limon

Chaa, L. (2008). Isolation, characterization and valorization of hemicelluloses from Aristida pungens leaves as biomaterial. *sciencedirect.com*. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861708001926

Charoenkiatkul, S., & Parunya Thiyajai, K. J. (2016). NUTRIENTS AND BIOACTIVE COMPOUNDS IN POPULAR AND INDIGENOUS DURIAN (DURIO ZIBETHINUS MURR.). *Food Chemistry* , 181-186.

Coello-Cedeño, D. (Julio de 2019). Extracción enzimática de D-Limoneno en cáscara de Limón. *https://www.researchgate.net/*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/342734450_Extraccion_enzimatica_de_D-Limoneno_en_cascara_de_Limon

Concha, A. C. (2004). *Scielo*. Obtenido de Scielo: https://www.patrimoniocultural.gob.cl/dinamicas/DocAdjunto_632.pdf

Crespo, Y. A., Sanchez, L. R., Quintana, Y. G., & Cabrera, A. S. (2019). 9. Evaluation of the synergistic effects of antioxidant activity on mixtures of the essential oil from Apium graveolens L., Thymus vulgaris L. and Coriandrum sativum L. using simplex-lattice design. *Heliyon, 5* , 1-5, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01942.

Cvjetko-Bubalo, M., Ćurko, N., & Tomašević, M. (2016). Green extraction of grape skin phenolics by using deep eutectic solvents. *Food Chemistry*, 159-160, doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.040.

Davidowski, S. (2009). The Extraction and Quantification of Limonene from Citrus Rinds Using GC/MS. *perkinelmer.com*. Obtenido de

https://www.perkinelmer.com.cn/PDFs/downloads/APP_Limonene_In_Citrus_Rinds_By_GCMS.pdf

Dumitraşcu, L., Enachi, E., Stănciuc, N., & Aprodu , I. (2019). Optimización de la extracción asistida por ultrasonido de antioxidantes fenólicos de Ilex guayusa Loes utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Dialnet, 17(1)*, 814-823.

Elizabeth, B. V. (2014). *La Biodiversidad en Ecuador* . Cuenca: Editorial Universitaria Abya-Yala.

Escobar, E. V. (13 de Noviembre de 2015). *Slideshare*. Obtenido de Slideshare: https://es.slideshare.net/EVE1994/qumica-verde-55098233

Farid Chemat, M. A. (abril de 2021). Toward petroleum-free with plant-based chemistry. *sciencedirect.com/, 28*. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452223621000067

Fernández, F. J. (2008). Desarrollo de nuevos procesos biotecnológicos basados en el uso de líquidos iónicos, fluidos supercríticos y tecnologías de membranas. *Dialnet*. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=18836

Fernández, G. (28 de Mayo de 2012). *Quimica organica* . Obtenido de Quimica organica : http://www.quimicaorganica.net/extraccion.html

Frutos, L. V. (2008). *Extracción con Fluidos Supercríticos y Síntesis Enzimática para la Obtención de Lípidos Funcionales.* Madrid.

Gabrić, B. (2013). Extraction of S- and N-Compounds from the Mixture of Hydrocarbons by Ionic Liquids as Selective Solvents. *hindawi.com*. Obtenido de https://www.hindawi.com/journals/tswj/2013/512953/

Gao, P., Tao, W., Ji, W., & Xiang, D. (2015). Effects of caffeine, tea polyphenol and daidzein on the pharmacokinetics of lansoprazole and its metabolites in rats.

*Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 1, doi.org/10.1590/S1984-82502015000400015.

Garro Alejandro, C. W. (marzo de 2015). Actividad antioxidante y citotóxica de extractos de Pilea dauciodora Wedd (Urticaceae). *Scielo*. Obtenido de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000100008

Graña, J. (2006). Temporal variation in the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) off the Galician Coast after the Prestige oil spill. *semanticscholar*. Obtenido de https://www.semanticscholar.org/paper/Temporal-variation-in-the-levels-of-polycyclic-off-Nieto-Aboigor/2420fd43a16099d53cd5e3ceff253f27b876983f

Guarnizo.A, P. N. (2009). *EXxperimento de quimica organica con enfoque en Ciencias de la vida.* Armenia, Quindo, Colombia: Elizcom S.A.S. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=Otm5wsEeKYEC&pg=PA65&dq=solventes+ecologicos+extraccion&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj3n-SIr93vAhW_QzABHdpTC_UQ6AEwA3oECAEQAg#v=onepage&q=solventes%20ecologicos%20extraccion&f=false

Guerra, E., & Zuñiga, M. (2003). Tratamiento enzimático en la extracción de aceite de pipa de uva, Vitis vinifera, por prensado al frío. *Grasas y Aceite, 54(1)*, 53-57.

Hidalgo, I. V. (18 de Diciembre de 2005). *Gestiopolis* . Obtenido de Gestiopolis : https://www.gestiopolis.com/tipos-estudio-metodos-investigacion/

Horvath, I. T. (1990). Disolvente neotérico. *Academic.com*. Obtenido de https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/356384#L.C3.ADquido_fluoroso

Ibarrab, J. R. (26 de Junio de 2015). EXTRACCIÓN ENZIMÁTICA DE LIMONENO EN CÁSCARA DE LIMÓN. *smbb.mx*. Obtenido de

https://smbb.mx/congresos%20smbb/guadalajara15/PDF/XVI/trabajos/III/IIIC-59.pdf

Ibarrola, B. (18 de Marzo de 2020). *Web del Maestro CMF*. Obtenido de Web del Maestro CMF: https://webdelmaestrocmf.com/portal/manual-de-50-experimentos-muy-divertidos-para-ninos-2/

J. Deng, Z. X. (2017). *Google Scholar*. Obtenido de Google Scholar: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019367027#bib13

Jesús Alberto García Nuñez, J. J., & Bélanger, J. M. (1994). *Fedepalma*. Obtenido de Fedepalma: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/854-Texto-854-1-10-20120719%20(1).pdf

Kamel, B. S., & Kakuda, Y. (2007). *Fatty Acids in Fruits and Fruit Products.* Boca Raton: CRC Press.

Kobori , K., Maruta , Y., & Mineo, S. (2013). Polyphenol-Retaining Decaffeinated Cocoa Powder Obtained by Supercritical Carbon Dioxide Extraction and Its Antioxidant Activity. *Foods,* 1, doi:10.3390/foods2040462.

Laura, S., Bélgica, Y., Alessandra, G., & Matteo, R. (2016). Efectos de los aceites esenciales amazónicos de Citrus limon y Cymbopogon citratus sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 5(3)*, 1-4.

Leith, P. (25 de Abril de 2009). *Grupoquimicouni*. Obtenido de http://grupoquimicouni.blogspot.com/2009/04/benceno.html

Londoño, J. L. (9 de 3 de 2012). *Repository.* Obtenido de Repository: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/133/3/9.%20129-162.pdf

Manosroi, J., & Dhumtanom, P. (2005). Actividad antiproliferativa del aceite esencial extraído de Tailandia.plantas medicinales en líneas celulares KB y P388. *Cancer letters* , 114-120, 235(1).

Marina Cvjetko Bubalo, S. V. (13 de Febrero de 2015). Green solvents for green technologies. *Onlinelibrary*, 3-4-5. Obtenido de file:///C:/Users/USER/Downloads/Green%20Solvents%20for%20Green%20Technologies%202015%20(1).pdf

Marina Cvjetko Bubalo, S. V. (2015). Green Solvents for Green Technologies. *Accepted article*, 16-17. Obtenido de file:///C:/Users/USER/Downloads/Green%20Solvents%20for%20Green%20Technologies%202015%20(1).pdf

Marina Cvjetko Bubaloa, S. V. (Mayo de 2018). New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents. *sciencedirec*. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960308518300658

Marina Cvjetko, S. V. (2015). Green Solvents for Green Technologies. 1 doi: 10.1002 / jctb.4668.

Matteo, R., Matteo, C., Alessandra, G., & Francesco, L. (2017). Antiproliferative activity of Psidium guajava essential oil: a preliminary study. *MOL2NET, International Conference Series on Multidisciplinary Sciences*, 1-3, doi:10.3390/mol2net-03-04629.

Mera, J. R., Abreu-Naranjo, R., Alvarez-Suarez, J., & Viafara, D. (2019). Chemical characterization, fatty acid profile and antioxidant activity of Gustavia macarenensis fruit mesocarp and its oil from the Amazonian region of Ecuador as an unconventional source of vegetable oil. *GRASAS Y ACEITES, 70 (2)*, 1-9, https://doi.org/10.3989/gya.0569181.

Molina, S. M. (25 de Agosto de 2016). *Prezi.* Obtenido de Prezi: https://prezi.com/6kw9rscahmrt/materiales-vegetales/?fallback=1

Mosquera David M, R. O. (abril de 2012). *Redalyc*. Obtenido de Redalyc: https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914011.pdf

Naranjo, A., Crespo, A., & Sanchez, B. (2019). Optimización of total extractible from Maytenus macrocarpa by ultrasound by using the response Surface methodology. *ResearchGate*, 1- 8.

Navarro M. Jacotet, N. R. (2015). *Science.* Obtenido de Science: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019367027#bib25

Núñez, C. E. (Agosto de 2007). *Microsotf word* . Obtenido de Microsotf word : http://cenunez.com.ar/archivos/39-ExtraccinconequipoSoxhlet.pdf

Pablo Reyes, M. G. (Marzo de 2012). Biorefinería forestal: Extracción de hemicelulosas de Pinus radiata para la obtención de bioetanol integrada a la producción de celulosa kraft. *researchgate.net*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/281107377_Forest_biorefinery_Extraction_of_hemicellulose_from_Pinus_radiata_for_obtaining_bioethanol_integrated_to_the_production_of_Kraft_cellulose

Pace, V. M. (2010). *sciforum.* Obtenido de sciforum: https://sciforum.net/manuscripts/6400/manuscript.pdf

Padua, A. G. (Junio de 2017). *oa.upm*. Obtenido de oa.upm: http://oa.upm.es/48641/1/ANNA_GRIMAN_PADUA.pdf

Pardo. (2016). Talleres de bioquímica. Universidad de América. Colombia.

Perales, C. A. (2012). Obtención de bioetanol a partir de materiales. *cdigital.uv*. Obtenido de

https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46812/ArellanoPeralesCarla.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Percy, L. (2013 de Abril de 2009). *Grupoquimicouni.* Obtenido de Grupoquimicouni: http://grupoquimicouni.blogspot.com/2009/04/solventes-alifaticos.html

Pérez, M., Silva, L., Radice, M., & Bravo, L. (2017). Polyphenol extracts from Cocoa (Theobroma cacao) and Chuchuhuasi (Maytenus macrocarpa) as potential natural Amazonian antioxidants. *MOL2NET, International Conference Series on Multidisciplinary Sciences*, 1-7, doi: 10.3390/mol2net-03-04623.

Pérez-Quintana, M., & Chango, J. S. (2019). Use of Hibiscus sabdariffa extract as a natural antioxidant in sausages . *MOL2NET, International Conference Series on Multidisciplinary Sciences* , 1-9, 5, doi:10.3390/.

Pizarro, C. O. (21 de 10 de 2008). *Portal.uach*. Obtenido de Portal.uach: http://portal.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2008/10/21/quimica.pdf

Puente, T. d. (2012). *Lafem.* Obtenido de Lafem: https://www.um.es/lafem/Actividades/OtrasActividades/2012-Curso%20Entorno%20sociocultural/Material/Teresa-quimicaverde.pdf

Qiao, D. (2009). Extraction optimized by using response surface methodology, purification and preliminary characterization of polysaccharides from Hyriopsis cumingii. *sciencedirect.com, 76*, 422-429. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861708005067#!

Quiñones, M. .., & Miguel, M. y. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectossaludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria* , 27 (1).

Radice, M. (2017). Antiproliferative activity of Psidium guajava essential oil: a preliminary study. *MOL2NET, International Conference Series on Multidisciplinary Sciences*, 1-4, doi:10.3390/mol2net-03-04629.

Radice, M. C., & Scalvenzi, L. (2016). Ilex guayusa: A systematic review of its Traditional Uses, Chemical Constituents, Biological Activities and Biotrade Opportunities. *MOL2NET*, 1-2, doi: 10.3390/MOL2NET-02-M???

Radice, M., Chiurato, M., Guerrini, A., & Lazupone, F. (2017). Antiproliferative activity of Psidium guajava essential oil: a preliminary study. *MOL2NET, International Conference Series on Multidisciplinary Sciences*, 1-4, doi:10.3390/mol2net-03-04629.

Radice, M., Cossio, N., & Scalvenzi, L. (2016). A systematic review of its Traditional Uses, Chemical Constituents, Biological Activities and Biotrade Opportunities. *MOL2NET, International Workshop on Modelization and Multidisciplinary Sciences for Development of Natural Products and Agro-Industrial Procesess in Ecuador Amazon region*, 1-2, doi: 10.3390/MOL2NET-02-M???

Radice, M., Pietrantoni, A., Guerrini, A., & Tacchini, M. (2019). • Inhibitory effect of Ocotea quixos (Lam.) Kosterm. and Piper aduncum L. essential oils from Ecuador on West Nile virus infection. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 153*, 2-5, doi.org/10.1080/11263504.2018.1478902.

Radošević, K., Ćurko, N., Gaurina-Srček, V., & Cvjetko-Bubalo, M. (2016). • Natural deep eutectic solvents as beneficial extractants for enhancement of plant extracts bioactivity. *LWT*, 1, doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.037.

Remón, L. R. (04 de 2010). *Servicios publicos.* Obtenido de Servicios publicos: https://serviciospublicos.files.wordpress.com/2010/04/revis.pdf

Retana, D. C. (3 de Septiembre de 2018). *Geosalud.* Recuperado el 31 de Mayo de 2021, de Geosalud: https://www.geosalud.com/cancerpacientes/antioxidantesnat.htm

Reyes-Mera, J., Abreu-Naranjo, R., Alvarez-Suarez, J., & Viafara, D. (2019). Chemical characterization, fatty acid profile and antioxidant activity of Gustavia macarenensis fruit mesocarp and its oil from the Amazonian region of Ecuador as an unconventional source of vegetable oil. *Grasas y Aceites, 70 (2)*, 1-4, https://doi.org/10.3989/gya.0569181.

Ribot, V. (2018). Niveles de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) acumulados en sedimentos del embalse Hanabanilla, Villa Clara, Cuba. *researchgate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/324418089_TITLE_Niveles_de_Hidrocarburos_Aromaticos_Policiclicos_HAPs_acumulados_en_sedimentos_del_embalse_Hanabanilla_Villa_Clara_Cuba

Rodriguez, L. M. (2019). *Repositoriovirtual*. Obtenido de Repositoriovirtual: http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/4550/1/TESIS%20DOCTORAL-RODRIGUEZ%20LUCIANA-2019.pdf

Romero-Vistin, A. S., Guaman-Castillo, J., Lucero-Montaño, F., & Radice, M. (16 de Diciembre de 2020). Caffeine content, total polyphenols and antioxidant activity of the mucilage concentrate of the Coffea arabica L. species, variety “Catuai” and “Castillo”, in the province of Pastaza (Ecuador). *Sciforum, 6,* 1-6,doi:10.3390/mol2net-06-xxxx. Obtenido de https://sciforum.net/manuscripts/8929/manuscript.pdf

Romero-Vistin, A., Guaman, J. G., Lucero, F., & Radice, M. (2020). Caffeine content, total polyphenols and antioxidant activity of the mucilage concentrate of the

Coffea arabica L. species, variety “Catuai” and “Castillo”, in the province of Pastaza (Ecuador). *Sciforum, 6*, 1-4, doi:10.3390/mol2net-06-xxxx .

Ruth, A., Luis, S., Matteo, R., Bravo Luis, S. J., & Andrea, R. (2017). Polyphenols extracts from (Theobroma cacao) and Chuchuhuaso (Maytenus macrocarpa) as possible natural Amazonian antioxidant. . *MOL2NET, Congreso Internacional de Ciencias Multidisciplinarias*, 1-3, doi: 10.3390/mol2net-03-04623.

S. Shirsath, S. S. (2012). *Science.* Obtenido de Science: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019367027#bib42

Salazar González, C., Vergara Balderas, F. T., Ortega Regules, A. E., & Guerrero Beltrán, J. Á. (2012). Antioxidant properties and color of Hibiscus sabdariffa extracts. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*.

Scalvenzi, L. (2016). Efectos de los aceites esenciales amazónicos de Citrus limon y Cymbopogon. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 5(3)*, 206-217.

Scalvenzi, L., Yaguache-Camacho, B., Cabrera- Martínez, P., & Guerrini, A. (2016). • Actividad antifúngica in vitro de aceites esenciales de Ocotea quixos (Lam.) Kosterm. y Piper aduncum L. *Bioagro, 28*, 1.

Sierra, A. (2014). *La química verde y el desarrollo sustentable* (Vol. 5). México: RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo,. Recuperado el 3 de junio de 2021, de https://www.redalyc.org/pdf/4981/498150317001.pdf

Soler, Á. M. (Febrero de 2019). *Tesis*. Obtenido de Tesis: file:///C:/Users/USER/Downloads/Tesis%20EVALUACI%C3%93N%20DE%20UN%20SOLVENTE%20VERDE%20PARA%20LA%20EXTRACCI%C3%93N%20DE%20L%C3%8DPIDOS%20(4).pdf

Taccchini, M., Echeverria, M., Grandini, A., & Maresca, I. (2021). • Ocimum campechianum mill. from Amazonian Ecuador: Chemical Composition and biological activities of extracts and their main constituents (eugenol and rosmarinic acid). *Molecules*, 1, doi.org/10.3390/molecules26010084.

Tejedor, A. S. (2014). *Quimica organica industrial* . Obtenido de Quimica organica industrial : http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/extraccio_fona.html#:~:text=La%20extracci%C3%B3n%20con%20disolventes%20es,utilizada%20en%20el%20laboratorio%20qu%C3%ADmico.

Tinger, A. G. (2007). El desarollo sustentable y los desechos industriales: elementos para una política ambiental. en a. nadal, *desarrollo sustentable y cambio global.* México.

Velada, G. (Diciembre de 2017). *Gran velada* . Obtenido de Gran velada : https://www.granvelada.com/blog/diferencias-tipos-extractos-vegetales/

Verde, G. (27 de Abril de 2009). *Practica Uno*. Obtenido de Practica Uno: http://practica-uno.blogspot.com/2009/04/solventes-verdes.html

Viafara, D., Naranjo, R. A., Suarez, J. M., & Mera, J. J. (2018). Chemical characterisation and antioxidant activity of Aphandra natalia mesocarp and its oil from the Amazon region of Ecuador. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-9, https://doi.org/10.1007/s11694-018-9898-x.

Vian, M., Breil, C., LéaVernes, E., Chaabani, F., & Chemat. (10 de 03 de 2017). Green solvents for sample preparation in analytical chemistry. *sciencedirect*. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452223616300736

Vicente, L. P. (Diciembre de 2019). *uaeh.edu.* Obtenido de uaeh.edu: https://www.cso.go.cr/temas_de_interes/seguridad/enciclopedia/104-03.pdf

Viera Ribot, O. M. (2020). Comparación de los métodos de extracción para hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos marinos empleando soxhlet y baño ultrasónico. *Scielo*, 14-23. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612020000300014&lng=es&tlng=es.

Warner J.C., C. A. (2004). *Sciencedirect.* Obtenido de Sciencedirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X13725035#bib0295

Welton, R. y. (2018). Green and Sustainable Solvents in Chemical Processes. En W.-C. T. Coby J. Clarke, *CHEMICAL REVIEWS.* LONDRES.

Yang, B. A. (2011). Composition and antioxidative activities of supercritical CO2-extracted oils from seeds and soft parts of northern berries. *Food Research International, 44 (7)*, 2 https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.025.

Yasiel Arteaga, C. L. (Enero de 2020). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic antioxidants from Ilex guayusa Loes. leaves using response surface methodology. *Google Scholar, 6*. Obtenido de Google Scholar: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019367027#bib21

YasielArteaga-Crespo, M. R.-S.-Q. (2017). *Science*. Obtenido de Science: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019367027#bib13

Zhang Q.W., L. L. (17 de Abril de 2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. Chin. Med. *cmjournal.*, 1-26. doi: 10.1186/s13020-018-0177-x

Zhuoyan. (2011). Microwave assisted extraction : the effects, mechanisms and applications on selected plant materials. *theses.lib*, 157. Obtenido de https://theses.lib.polyu.edu.hk/handle/200/6028