

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES  
DE LA GRANADA (*Punica granatum*) MEDIANTE  
LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA  
SUPERCRÍTICA CON CO<sub>2</sub>

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

ANABEL DEL ROSARIO CRISOSTO FUSTER

Para optar el Grado Académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN  
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

TACNA - PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO

VALORACIÓN DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE LA  
GRANADA (*Punica granatum*) MEDIANTE LA APLICACIÓN  
DE TECNOLOGÍA SUPERCRÍTICA CON CO<sub>2</sub>

Tesis sustentada y aprobada el 29 de octubre de 2020; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE :



Dr. Gregorio Pedro Tejada Monroy

SECRETARIO :



M.Sc. Luis Antonio Espinoza Ramos

MIEMBRO :



Ph. D. Héctor Rodríguez Papuico

ASESOR :



Ph. D. Héctor Rodríguez Papuico

## DEDICATORIA

A mi añorada madre, Ana María, por haber sido ejemplo de perseverancia, distinción y optimismo en mi vida.

A mi padre, Robert Ronald, por haberme hecho más fuerte, valiente y luchadora.

A mis hermanas, María Judith y Anita Marlene, por alegrarme, confortarme y apoyarme siempre.

A mi amadísimo hijo, Robert Bernard, el ángel que “me escogió como madre”; por ser quien me enseña y engrandece día a día.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la vida que estoy viviendo, que no la cambiaría.

Expreso un agradecimiento especial a mi asesor de tesis *Ph.D.* Héctor Rodríguez Papuico y a mi co-asesora Dra. Sylvia Carolina Alcázar Alay, dignos profesionales y excelentes personas, por el apoyo y orientación constante.

Agradezco también, al proyecto de investigación financiado por CONCYTEC/FONDECYT y Banco Mundial (CP N° 8682-PE-BM-FONDECYT/CONCYTEC, Contrato N° 127-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV) que asocia académicamente a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann y a la Universidad Privada de Tacna por el apoyo brindado para la realización de esta tesis.

También, deseo expresar mi agradecimiento al grupo de trabajo de investigación en los residuos de la granada (EFBIGRANADA), por su colaboración y aportes en esta aventura académica, Marianné Cornejo Figueroa y Pamela Toledo Merma, virtuosas y tenaces futuras colegas.

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.1.1. Antecedentes del problema.....	2
1.1.2. Problemática de la investigación .....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos .....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES .....	5
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.5.1. Objetivo general .....	5
1.5.2. Objetivos específicos .....	5
1.6. HIPÓTESIS.....	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	7
2.2. BASES TEÓRICAS .....	8
2.2.1. La granada ( <i>Punica granatum</i> ).....	8
2.2.1.1. Clasificación taxonómica.....	8
2.2.1.2. Produccion nacional de Granada .....	11
2.2.1.3. Composición química de la granada .....	13
2.2.2. Extracción supercrítica .....	16
2.2.1.1. Fluídos supercríticos .....	17
2.2.2.2. Uso del dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) para extracciones supercríticas.....	21
2.2.3. Residuos sólidos .....	22

2.2.3.1. Jerarquía en la gestión de residuos .....	24
2.2.3.2. Riesgos que ocasionan los residuos .....	24
2.2.3.3. Composición de los residuos .....	25
2.2.4. Residuos agroindustriales .....	26
2.2.4.1. Aprovechamiento de residuos agroindustriales.....	28
2.2.4.2. Valoración de residuos agroindustriales.....	29
2.2.4.3. Impacto ambiental.....	31
2.2.4.3.1. Evaluación del impacto ambiental.....	31
2.2.4.3.2. Marco legal.....	31
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	32
<b>CAPÍTULO III.MARCO FILOSÓFICO .....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>35</b>
4.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	35
4.1.1. Tipo de investigación.....	35
4.1.2. Diseño de investigación .....	35
4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	35
4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	36
4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	37
4.4.1. Técnicas.....	37
4.4.2. Instrumentos .....	37
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
5.1. CONSUMO Y USO DE LA GRANADA.....	62
5.2. APLICACIÓN, UTILIDAD Y APROVECHAMIENTO DE LOS BIOCOMPUESTOS EXTRAÍDOS DE LA GRANADA .....	63
5.3. METODOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN Y COMPORTAMIENTO CON EL MEDIO AMBIENTE.....	65
5.4. VALORACIÓN DEL MATERIAL RESIDUAL DE LA EXTRACCIÓN SUPERCRÍTICA DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE LA GRANADA.....	66
5.5. IMPACTO AMBIENTAL DEL MATERIAL RESIDUAL DE LA METODOLOGÍA SUPERCRÍTICA .....	67
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN .....</b>	<b>69</b>

CONCLUSIONES .....	72
RECOMENDACIONES .....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Perú: Producción, superficie cosechada, rendimiento y precio en chacra de Granada, según región – 2018	12
Tabla 2.	Estadística regional de la granada, según distritos de Tacna,2018	12
Tabla 3.	Composición de la porción comestible de la granada variedad Wonderful	15
Tabla 4.	Características críticas de varios solventes supercríticos	18
Tabla 5.	Aplicaciones de los fluídos supercríticos	20
Tabla 6.	Clasificación de los residuos sólidos	23
Tabla 7.	Principales biocompuestos extraídos de los residuos agroindustriales	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Granada ( <i>Punica granatum</i> ), variedad Wonderful	10
Figura 2.	Partes de la granada ( <i>Punica granatum</i> )	14
Figura 3.	Diagrama de fases P-T para el dióxido de carbono	16
Figura 4.	Esquema general de un sistema de extracción con fluido supercrítico	22
Figura 5.	Pirámide jerárquica de gestión de residuos	24
Figura 6.	Ciclo de vida de un residuo	27

## RESUMEN

La presente investigación, se realizó dentro del marco del proyecto de investigación Contrato N° 127-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV” entre la UNJBG y FONDECYT- Banco Mundial. El objetivo fue desarrollar una propuesta para dar valor a los biocompuestos extraídos con el uso del CO<sub>2</sub>, como fluido supercrítico y con productos generados, basados en datos de investigaciones de de pre grado con la granada (*Punica granatum*), para el aprovechamiento de la cáscara y membranas carpelares y la determinación de parámetros para la obtención de biocompuestos. Se realizó la recopilación de información bibliográfica y virtual de resultados estadístico y de investigaciones con el mismo método de extracción u otros referentes al uso de la tecnología supercrítica, utilizado en varios procesos como la extracción de biocompuestos en distintos productos vegetales y sus residuos, y así lograr un diagnóstico general de la situación actual en el manejo de residuos sólidos agroindustriales, principalmente sobre la industrialización de la granada. Se identificó biocompuestos extraídos en la granada, principalmente el ácido púrico, y se formuló una propuesta de un plan para la valorización de los biocompuestos y uso adecuado en áreas industriales alimentarias, no alimentarias, farmacéutica y cosmética. Se propone distintos tratamientos a los residuos tratados con la tecnología supercrítica con CO<sub>2</sub> y de su impacto ambiental.

**Palabras clave:** tecnología supercrítica, valorización , biocompuestos

## ABSTRACT

This research was carried out within the framework of the research project Contract No. 127-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV "between UNJBG and FONDECYT- World Bank. The objective was to develop a proposal to give value to the biocomposites extracted with the use of CO<sub>2</sub>, as a supercritical fluid and with products generated, based on data from pre-grade research with the pomegranate (*Punica granatum*), for the use of the shell and carpelar membranes and the determination of parameters for obtaining biocomposites. The collection of bibliographic and virtual information of statistical and research results was carried out with the same extraction method or others referring to the use of supercritical technology, used in various processes such as the extraction of biocomposites in different plant products and their residues, and so on. achieve a general diagnosis of the current situation in the management of agroindustrial solid waste, mainly on the industrialization of the pomegranate. Biocomposites extracted from pomegranate were identified, mainly punic acid, and a proposal was formulated for a plan for the valorization of biocomposites and their appropriate use in food, non-food, pharmaceutical and cosmetic industrial areas. Different treatments are proposed for the waste treated with supercritical CO<sub>2</sub> technology and its environmental impact.

Keywords: supercritical technology, valorization, biocomposites

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio no experimental se ha desarrollado en el marco de recopilar información sobre el uso de tecnologías verdes o tecnologías limpias, las cuales no son dañinas para el medio ambiente. Para ello, se han revisado más de 100 documentos bibliográficos entre libros, tesis, artículos, normatividad ambiental y adicionalmente se ha utilizado la información resultante de dos trabajos de tesis de pregrado que nos han servido de utilidad para confirmar la obtención de biopolímeros procedentes de residuos de la granada (*Punica granatum*) con el uso de la tecnología de extracción supercrítica con CO<sub>2</sub>.

Una vez obtenida esta información, se ha procedido a valorizar los biocompuestos obtenidos y con la ayuda del material bibliográfico consultado proponer los mejores usos de estos extractos en las diferentes industrias. De esta manera, se logra recuperar componentes importantes que aún pueden utilizarse a partir de los desechos, en este caso, provenientes de los trabajos de producción con la granada y aprovecharlos.

Por otro lado, con los resultados de la aplicación de este método de extracción supercrítico, se ha logrado determinar que es un proceso realmente inofensivo con la naturaleza, de tal modo, que los residuos expuestos al CO<sub>2</sub>, no necesitan tratamientos posteriores para su eliminación; con lo cual, los residuos tratados o co-productos, pueden bien ser utilizados en los métodos convencionales de reuso y/o transformación de materiales orgánicos (compostaje, biogases, potencial energético, alimento para animales, etc.) sin perjudicar los espacios donde sean tratados y posteriormente depositados o utilizados.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1. Antecedentes del problema**

Según informa el MINAGRI (2019), en los últimos años la producción de granada a nivel departamental se ha incrementado, y con ello el consumo, distribución y los residuos generados, que si no son manejados de una manera adecuada a corto plazo generarán un problema medio ambiental.

#### **1.1.2. Problemática de la investigación**

En los residuos del fruto entero de la granada se encuentran biocompuestos como fenoles solubles, flavonoides y taninos hidrolizables los cuales son antioxidantes, antihepatotóxicos y antitumorales naturales, también ayudan a prevenir el Alzheimer y mejoran la disfunción eréctil en los hombres (Todaro *et al.*, 2016).

Es por esto que, la presente investigación propone valorizar los biocompuestos extraídos de los residuos agroindustriales de la granada, mediante la aplicación de la tecnología supercrítica con CO<sub>2</sub> obteniendo extractos de biocompuestos y co productos derivados del material lignocelulósico que compone mayoritariamente el material vegetal.

La aplicación de metodologías utilizando fluidos supercríticos garantiza la ecoeficiencia del método de extracción, dando como resultado extractos catalogados como seguros; además, los residuos generados después del proceso pueden ser considerados co productos debido a su composición polimérica (almidones y fibras), los mismos que no son dañinos para el medio

ambiente (Martínez y Ceballos, 2012) y a su vez pueden ser reinsertados a la cadena alimenticia. (Alcázar-Alay y Meireles, 2015)

Finalmente, los biocompuestos obtenidos a partir de este residuo agroindustrial pueden ser aprovechados en el campo alimentario, no alimentario, cosmético o farmacéutico, lográndose la premisa de recuperar materia o sustancias de alto valor y en general mejorar la gestión del proceso de manejo de residuos y generación de valor a partir de éstos

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema general**

¿ De qué manera se pueden aprovechar y valorar los residuos agroindustriales de la granada obtenidos mediante uso de tecnología supercrítica?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿ Cuáles serían los biocompuestos aprovechables extraídos de los residuos de la granada?
- ¿Cuál será la aplicación de los biocompuestos extraídos de los residuos de la granada?
- ¿Cómo sería el impacto ambiental de los residuos agroindustriales de la granada luego del proceso de extracción?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El impacto negativo que podría generar el efecto de los residuos de producción e industrialización de la granada en Tacna, resultaría en un problema bastante serio si no se manejan de forma adecuada, además, la falta

de control técnico y otras consideraciones pueden generar problemas de malos olores y la proliferación de insectos y roedores.

El aumento del volumen de desechos sólidos agroindustriales de la granada, donde las cáscaras y membranas carpelares representan entre el 25 y 60 % del peso del fruto, dependiendo de la variedad, y la porción leñosa (semillas) entre el 5 y 15 % conllevaría a una serie de problemas medio ambientales y de salubridad. ( Li *et al.*, 2006)

Mediante el uso de tecnologías limpias como la extracción con fluidos supercríticos, se extraen biocompuestos y se modifican los biopolímeros de los residuos agroindustriales de la granada que se pueden valorar para su uso en el campo alimentario, no alimentario, cosmético y farmacéutico.

Dichos biocompuestos son los fenoles solubles, flavonoides y taninos hidrolizables, que cumplen una función muy beneficiosa en la salud humana ya que actúan como antitumorales, antihepatotóxicos, antioxidantes, etc. y se encuentran en los extractos obtenidos del fruto completo, lo que nos indica la presencia de los mismos, también en los residuos de la granada como son las cáscaras y las membranas internas o albedos. (Ascacio-Valdés *et al.*, 2019)

Los arilos (semillas) contienen una cantidad de ácidos grasos que oscilan entre el 12 y 20 % de su peso total (peso seco) (Melgarejo-Moreno *et al.*, 2012). La extracción de estos biocompuestos nos da la oportunidad de emplear tecnologías ecoeficientes a fin de valorar la importancia de sus propiedades nutraceuticas y en favor a la disminución del impacto ambiental. Estudios actuales, indican que la extracción de polisacáridos (biopolímeros) tales como almidón, pectina e hidroxipropilmetilcelulosa (HMPC) a partir de los residuos generados, pueden formar parte de envases biodegradables, filmes plásticos o incluso ser ingredientes alimentarios. (Hernández y Guzmán, 2009)

Por otra parte, a partir de los azúcares, almidones y materiales lignocelulósicos de los residuos agroindustriales, se puede obtener etanol y

aprovecharlo como una fuente alterna de energía (Montiel-Montoya, 2010). La valoración ambiental busca dar un valor monetario de ganancia o pérdida del bienestar o utilidad personal o grupal del uso por mejora o por daño en un activo ambiental.

Con ello, se debe indicar si a los sub productos obtenidos y a los residuos generados se les pueden dar un valor instrumental, si se quiere satisfacer un objetivo concreto o un valor intrínseco por el hecho de que simplemente exista; o también un valor utilitario de acuerdo al bienestar que produzca o un valor deontológico como un bien absoluto e irremplazable. (Sagoff, 1997; Pascual *et al.*, 2010)

#### **1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES**

El presente estudio de investigación se limitó al abordaje conceptual y empírico de los biocompuestos aprovechables extraídos de los residuos de la granada en Tacna. No se presentaron limitaciones de índole presupuestal o metodológico.

#### **1.5. OBJETIVOS**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Valorar los residuos de la industrialización de la granada (*Punica granatum*) obtenidos mediante la aplicación de tecnología supercrítica con CO<sub>2</sub> en decontaminación ambiental y transmitir la útil aplicación de los bioelementos hallados.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar e identificar los biocompuestos extraídos de los residuos de la granada en investigaciones previas de Tesis de pregrado (parte del Proyecto UNJBG – FONDECYT) y otras similares.

- Valorar los biocompuestos extraídos de los residuos de la granada según datos recopilados.
- Evaluar el impacto ambiental de los residuos agroindustriales de la granada luego de la extracción supercrítica.

## **1.6. HIPÓTESIS**

Es significativo valorar y aprovechar los residuos de la industrialización de la granada (*Punica granatum*), mediante la obtención de extractos de biocompuestos y co productos generados por la aplicación de tecnología supercrítica con CO<sub>2</sub>.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Melgarejo *et al.* (2012), indican que los países reconocidos como los mayores productores de granada son India, Irán, China, Turquía y Estados Unidos, con distintas variedades, pero se debe acotar que la variedad Wonderful es la más comercial.

Todaro *et al.* (2016), señalan que el consumo de granada es generalmente de manera natural, consumiéndose los arilos solamente, pero se sabe que tanto las cáscaras como las membranas carpelares de las granadas poseen cualidades nutraceuticas que son muy benéficas para la salud. En los extractos del fruto entero se han encontrado fenoles solubles, flavonoides y taninos hidrolizables los cuales son antioxidantes, antihepatotóxicos y antitumorales naturales, carotenoides o provitamina A (Alcázar-Alay *et al.*, 2017); de los residuos, principalmente las cáscaras, se han extraído antioxidantes como punicalaginas, polifenoles como los taninos, encontrándose 10 veces más antioxidantes en la cáscara que en la parte comestible (Carbonell *et al.*, 2012).

De la Cruz *et al.* (2011), agregan que estos biocompuestos también ayudan a prevenir el Alzheimer y mejoran la disfunción eréctil en los hombres. Actualmente, la producción global es superior a los dos millones de toneladas, siendo el jugo de granada el principal subproducto y el uso farmacéutico por las propiedades beneficiosas a la salud (Melgarejo *et al.*, 2012).

En los últimos años, en nuestro país, la producción de granada a nivel departamental se ha incrementado y con ello el consumo, distribución y los desechos, que no son manejados de una manera adecuada y que a corto plazo generará un problema ambiental.

Es por esto que la presente investigación propone hacer uso de los resultados obtenidos de la Tesis de pregrado parte del Proyecto, así como de bibliografía similar para caracterizar, aprovechar y valorar los residuos obtenidos después del uso de la tecnología supercrítica con CO<sub>2</sub>, con la que se extraen los biocomponentes de la cáscara, membranas carpelares y semillas, como residuos de la industrialización de la granada. Existen varios métodos de extracción de biocompuestos, pero son muy perjudiciales tanto para la salud como para el medio ambiente. (Velásquez, 2008)

Mediante la aplicación de tecnología supercrítica, los parámetros de temperatura y presión del fluido modifican físicamente de forma indirecta los biopolímeros presentes en el material vegetal, esta modificación beneficia sus cualidades como harina no convencional, mejorando sus características de formación de pasta y propiedades reológicas (Alcázar-Alay *et al.*, 2017). De esta manera, se maximizan las posibilidades de reinserción de los productos a la industria, se valoran los componentes sin producir nuevos residuos y no se perjudica al medio ambiente (Velásquez, 2008).

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. La granada (*Punica granatum*)**

#### **2.2.1.1. Clasificación taxonómica**

La *Punica granatum*, pertenece al orden de Myrtales, familia Punicaceae, la que está representada por un solo género (*Punica*) y por dos

especies, *P. granatum* y *P. protopunica*, siendo solamente la primera que se cultiva por sus frutos, que son comestibles. (Franck, 2009; MINAGRI, 2019)

Taxonomía de la *Punica granatum* (MINAGRI,2019) :

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Subdivisión: Magnoliopsida

Orden: Myrtales

Familia: Lythraceae

Subfamilia. Punicaceae

Género: Púnica

Especie: *P. granatum*

Variedad: Wonderful

La granada es una especie que crece en climas templados con veranos secos y ausencia de lluvias en la cosecha. Es una especie que tolera bien las sequías, siendo el clima semiárido el óptimo. Puede crecer en cualquier tipo de suelo, tolera salinidad y mal drenaje, siendo la variedad Wonderful la que presenta un mejor color (Melgarejo-Moreno *et al.*, 2012).

El granado (*granatum*), es un árbol caduco de pequeñas dimensiones que puede alcanzar como máximo 8 metros de altura en estado salvaje. Es un frutal muy interesante para muchas zonas del mundo, especialmente aquellas áridas y semiáridas, ya que, aunque menos importante que otros frutales, es capaz de adaptarse a distintas zonas. (Franck, 2009)



*Figura 1.*Granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful

Fuente: elaboración propia

Según el Ministerio de Agricultura (2019), a través de la Dirección general de producción Agraria (DGPA), señala que generalmente el consumo de la granada es en fresco pero dentro de los productos industrializados a partir de la granada se tienen:

- Arilos en IV gama
- Arilos deshidratados
- Mermeladas
- Zumos de granada

- Licores fermentados
- Productos nutracéuticos con extractos de las cáscaras.
- Condimentos alimentarios
- Cosméticos, cremas, aceites geles, champús, etcétera.

Tiene amplia variedad de nombres comunes como en español es granado, pomegranate en inglés, granade en francés y melograno en italiano. Los principales productores de granados son China, Estados Unidos, Israel, Turquía. Marruecos, Irán, India, España, etc. Pero en Europa el principal productor es España, en África destaca Egipto y en América del sur Perú y Chile. (Franck, 2009)

Al término de 2018, el Perú había exportado alrededor de 32,9 mil t de granada fresca, por un valor de 61 millones de dólares; es decir entre 3,5 y 4,0 veces más que hace cinco años, en base al cultivo de cerca de 2 800 has., 5 veces más que las que había el 2014 (MINAGRI-Dirección general de producción agraria, 2019).

#### **2.2.1.2. Producción nacional de Granada**

La producción nacional de granada según regiones (SIEA,2018) referida a las diversas variedades, alcanza en Tacna aproximadamente 7 000 kg/ha, según se muestra en la Tabla 1:

**Tabla 1**

*Perú: Producción, superficie cosechada, rendimiento y precio en chacra de Granada, según región – 2018*

Región	Producción (t)	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Precio chacra
Nacional	46,320	2,353	19,688	2,85
Ancash	122	12	10,167	1,61
Apurímac	12	1	12,000	0,80
Arequipa	3,072	77	39,895	2,99
Ica	39,359	1,905	20,661	2,87
La Libertad	441	107	4,138	3,08
Lambayeque	1,842	123	14,976	3,00
Lima	1,346	109	12,347	1,82
Moquegua	28	5	5,514	2,63
Tacna	98	14	7,000	1,34

Fuente: Sistema integrado de estadísticas agrarias (2018)

De igual forma se presenta en la Tabla 2, la producción regional del departamento de Tacna y en el caso del distrito de Ite, se especifica la variedad *Wonderful*.

**Tabla 2**

*Estadística regional de la granada, según distritos de Tacna, 2018*

Región	Producción (t)	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Precio chacra (S/ / kg)
Inclán	7	1	7,000	0,80
Sama	22	3	7,333	0,80
La Yarada	39	8	4,875	1,24
Ite (*)	30	2	15,000	2,00
Tacna	98	14	7,000	1,34

Nota : (\*) Variedad *Wonderful*

Fuente: Sistema integrado de estadísticas agrarias (2018)

Según publicación de la Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria del Ministerio de Agricultura y Riego (2019), la producción de granada pasó de 928,2 toneladas en 2000 a 46 382,9 t en 2018, registrando una tasa promedio anual de crecimiento de 24,3 %.

Los principales países de destino de nuestra granada, en el 2018 fueron: Países Bajos (50,7 %), Federación Rusa (16,9 %), Reino Unido (8,4 %), Canadá (3,5 %), Hong Kong (3,4 %), Estados Unidos (2,7 %) y Emiratos Árabes (1,8 %). Las exportaciones de granada peruana en el 2020, debido a la pandemia, han caído en un 18 %, según indicó el portal agraria.pe (2020), en su publicación del 22 de junio de 2020, sumándose 36 826 t. Los principales destinos, al igual que años anteriores, fueron Países bajos (44 %), Rusia (18 %), Emiratos árabes (4 %) y Estados Unidos (4 %)

### **2.2.1.3. Composición química de la granada**

Los componentes químicos de la granada se encuentran distribuidos en sus distintas partes. En el interior, se encuentran multitud de granos encarnados llamados arilos, los cuales son ricos en vitaminas, minerales, fibra y compuestos bioactivos. (Carbonell *et al.*, 2012)

Gran parte de la importancia organoléptica y posible papel beneficioso para la salud de la granada se debe a la presencia de compuestos fenólicos. A nivel organoléptico, los antocianos son los responsables de su atractivo color rojo y los taninos de su sabor astringente (siendo los ácidos orgánicos, cítrico y málico, los responsables del sabor acidulado), en tanto que los taninos y, en menor proporción los antocianos, le confieren propiedades antioxidantes. (Carbonell *et al.*, 2012)



*Figura 2. Partes de la granada (Punica granatum)*

Fuente: elaboración propia

Carbonell *et al.* (2012) y también López *et al.* (2010), indicaron que la presencia de componentes antioxidantes en el tallo, hojas, flores, cáscaras, jugo y semillas, confieren propiedades antiinflamatorias, antitumorales y anticancerígenas.

Buenrostro *et al.* (2017), mencionaron que las cáscaras son una fuente valiosa como soporte-sustrato para la producción de pectinasas en fermentación en medio sólido. Asimismo, la granada tiene bajo nivel calórico que es de 75 kcal/100 g, es rica en potasio, calcio, magnesio, fósforo y hierro. Contiene las vitaminas del grupo B y vitamina C.

**Tabla 3***Composición de la porción comestible de la granada variedad Wonderful*

<b>Nutriente</b>	<b>Unidades</b>	<b>Contenido (por cada 100 g de ración comestible)</b>
Agua	g	77,93
Proteína	g	1,67
Energía	Kcal	83,0
Lípidos totales (Grasa)	g	1,17
Carbohidratos	g	18,7
Cenizas	g	0,53
Fibra dietaria total *	g	4,0
Azúcares totales	g	13,67
<b>Minerales</b>		
Calcio	mg	10,0
Hierro	mg	0,3
Magnesio	mg	12
Fósforo	mg	36
Potasio	mg	236
Sodio	mg	3,0
Zinc	mg	0,35
Cobre	mg	0,158
Manganeso	mg	0,119
Selenio	mcg	0,5
<b>Vitaminas</b>		
Vitamina C, ácido ascórbico	mg	10,2
Tiamina	mg	0,067
Riboflavina	mg	0,053
Niacina	mg	0,293
Ácido pantoténico	mg	0,377
Vitamina B 6	mg	0,075
Folato total	mcg	38,0
Colina total	mg	7,6
Vitamina E, alfa-tocoferol	mg	0,6
Vitamina K	mcg	16,4
<b>Lípidos</b>		
Ácidos grasos saturados	g	0,12
Ácidos grasos monoinsaturados	g	0,093
Ácidos grasos poliinsaturados	g	0,079

Nota: La fibra dietaria total (FDT) soluble en agua, comprende las pectinas, gomas, mucílago, ciertas hemilcelulosas y celulosa modificada

Fuente: Adaptada del Departamento de Agricultura de Estados Unidos ( USDA) (2019)

## 2.2.2. Extracción supercrítica

El interés creciente de la aplicación de tecnologías supercríticas como metodologías limpias o ecoeficientes para la extracción de componentes solubles o no, con la ayuda de fluidos supercríticos, nos permite trabajar con estas sustancias, fluctuando la presión crítica ( $P_c$ ) y la temperatura crítica ( $T_c$ ) y mejorar el proceso de extracción de biocompuestos presentes en residuos agroindustriales (Kiran *et al.*, 2012). Se sabe que por encima del punto crítico ( $P_c$ ) los fluidos supercríticos no son ni líquidos ni gaseosos, pero poseen ambas propiedades, comportándose como gases al ocupar todo el espacio del contenedor y teniendo la densidad de un líquido, con el poder disolvente que poseen (Brunner, 2005). Los diagramas se encuentran definidos por tres líneas, de sublimación, de fusión y de vaporización. Esta última se caracteriza por desaparecer en un punto denominado, punto crítico, en el cual la presión y la temperatura reciben el nombre de presión crítica y temperatura crítica. (Kiran *et al.*, 2012)

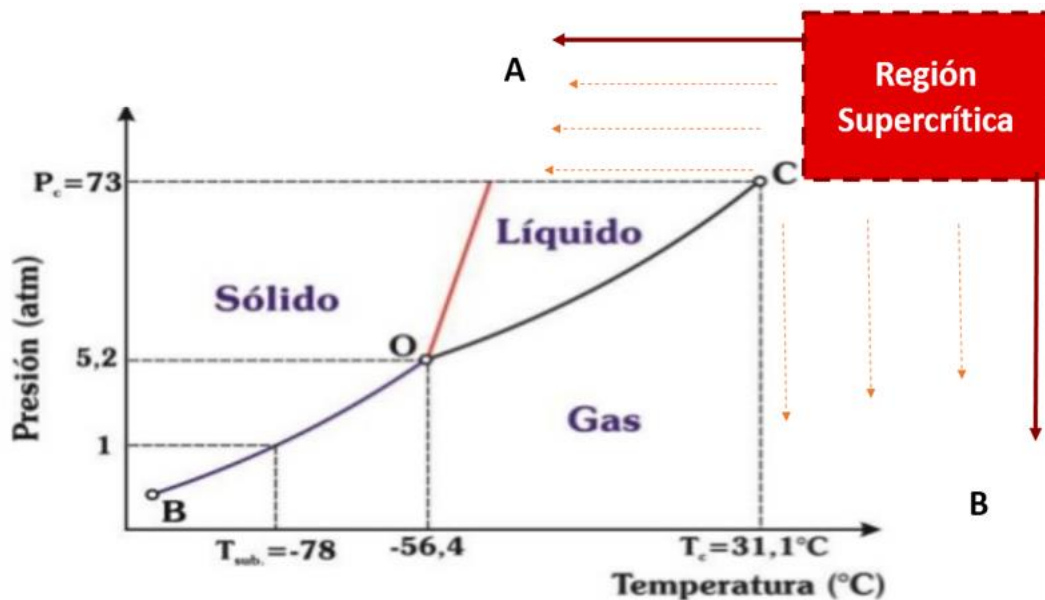


Figura 3. Diagrama de fases P-T para el dióxido de carbono

Fuente: Sotelo y Ovejero (2003)

Se entiende por fluido supercrítico, un fluido que se encuentra a temperatura y presión superiores a los valores correspondientes al punto crítico. En la Figura 3, a temperaturas superiores a la crítica no es posible generar una fase líquida condensada por elevación de la presión, un fluido supercrítico pasa directamente a líquido si se reduce la temperatura en condiciones isóbaras (trayectoria A), o a gas si se disminuye de forma isoterma la presión (trayectoria B). (Sotelo y Ovejero, 2003)

#### **2.2.1.1. Fluidos supercríticos**

Reid *et al.* (1987) y Mendiola (2008), indican que las características de un fluido supercrítico se encuentran entre las de un gas y las de un líquido. Dichas características se muestra en la siguiente Tabla 5:

**Tabla 4**

Características críticas de varios solventes supercríticos

Solvente	Peso molecular (g/mol)	Temperatura crítica °K(°C)	Presión crítica (bar)	Densidad crítica (g/ml)
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	44,01	304,2(31,1)	72	0,47
Agua (H <sub>2</sub> O)	18,02	647,2(374,2)	218,3	0,32
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	17,03	405,2(132,5)	109,8	0,23
Metano (CH <sub>4</sub> )	16,04	190,4(-82,6)	46	0,17
Etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	30,07	305,3(32,3)	47,6	0,2
Propano(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	44,09	369,8(96,7)	42,4	0,22
Butano(C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	58,12	425,2(152,0)	70,6	0,23
Pentano (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	72,15	469,2(196,0)	32,9	0,23
Hexano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	86,16	507,4(234,2)	30,1	0,23
Etileno (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	28,05	555,6(282,4)	49,7	0,22
Propileno(C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )	42,08	638,1(364,9)	45,4	0,23
Metanol(CH <sub>3</sub> OH)	32,04	512,6(239,0)	78,9	0,27
Etanol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	46,07	513,9(243,4)	72	0,28
Diethyléter (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> 2O)	74,12	466,8(193,6)	63,8	0,27
Acetona(C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O)	58,08	508,1(235,0)	47	0,28
Piridina (C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N)	79,1	620,2(347,0)	56,3	0,31

Fuente: Fuente: Reid *et al.* (1987), Mendiola (2008)

Los valores de densidad y presión en los fluidos supercríticos, en el punto crítico, hace que sus propiedades de las fases líquidas y gaseosas sean similares, con estas características y la alta difusividad pueden penetrar en materiales sólidos y extraer sus componentes (Pereira y Meireles, 2010; Zabot *et al.*, 2012); adicionalmente, puede cambiar rápidamente de densidad con pequeños cambios de temperatura o presión, que lo hace más efectivo que los solventes orgánicos que comúnmente se utilizan para procesos de extracción. (Velasco *et al.*, 2007)

Esta homogeneidad de fases elimina los problemas de difusión, con lo que las moléculas no polares (liposolubles) y las moléculas polares (hidrosolubles) se vuelven miscibles, lo que permite la extracción sin altas

temperaturas y reduciendo los tiempos de preparación de las muestras, así como, los tiempos de extracción en muestras sólidas y semisólidas con un grado de alta pureza, sin dejar residuos y de tecnología limpia para el medio ambiente por la ausencia residual de solventes. (Pereira y Meireles, 2010)

En relación con las aplicaciones de los fluidos supercríticos, Gallego y Cardona ( 2004), precisan:

**Tabla 5***Aplicaciones de los fluidos supercríticos*

		Procesos	Ventajas
Extracción		Primer uso comercial. Lúpulos y cafeína del café, remoción de nicotina de tabaco, desasfaltado de petróleo, extracción de aceite de semillas oleaginosas y extracción de aceites esenciales para saborizantes o perfumes.	Velocidad debida a la alta difusión, reduce el tiempo de preparación de muestras, recuperación de analitos de muestras sólidas y semi sólidas, limpia para el medio ambiente, no deja residuos, se obtienen extractos de alta pureza y no requiere altas temperaturas.
Fraccionamiento de mezclas líquidas		Productos naturales como aceites esenciales y lípidos. Para concentrar sustancias antes de cromatografía. Extracción en contracorriente y con reflujo.	Única unidad, limpia para el medio ambiente, ausencia de solvente residual en el producto final.
Cromatografía		Quirales	Mayor eficiencia en la separación, limpia para el medio ambiente, ausencia de solvente residual en el producto final.
Reacciones químicas		A escala de laboratorio e industrial. La existencia de una sola fase permite una óptima transferencia de masa y de energía. Variación de parámetros del solvente (por dependencia de P) como la constante dieléctrica afectando la selectividad de las reacciones enzimáticas o catalíticas. Variación del potencial químico de reactivos y catalizadores sin modificar el volumen de reacción debido a la alta compresibilidad. Impregnación y teñido de polímeros y fibras sintéticas. Extracción, separación y regeneración de metales empleando agentes complejantes.	Aumento de la velocidad de reacción en procesos que ocurren en fase líquida (controlados por la difusión), cambios en la selectividad, control y fácil separación de productos, menor riesgo en las condiciones de trabajo, limpia para el medio ambiente, reducción en el costo de eliminación del disolvente.
Procesado de metales			Reducción de la contaminación del agua en los procesos de teñido, limpia para el medio ambiente.
Formación de partículas		Micro partículas por diferentes técnicas de precipitación y cristalización, procesado de materiales y productos farmacéuticos	Obtención de cristales con morfología muy uniforme, alta pureza y libres de residuos de disolvente.
Agua supercrítica		Extracción de plantas para producir sabores, fragancias y productos de alto valor agregado Regeneración de aguas y suelos y otros materiales por extracción y destrucción (oxidación total)	Menor polución en el trabajo y para el medio ambiente, ausencia de solvente residual en el producto final, reducción en el costo de eliminación del disolvente.

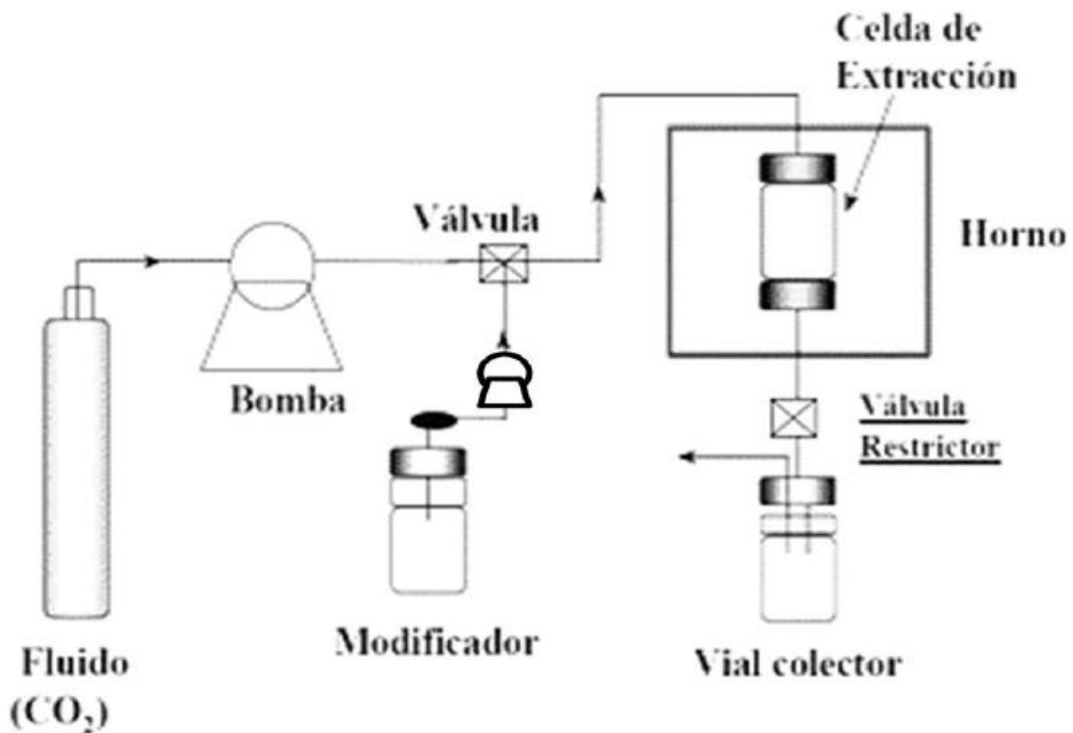
Fuente: Gallego y Cardona (2004)

### **2.2.2.2 Uso del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para extracciones supercríticas**

Velasco *et al.* (2007) y Fernández-Trujillo (2008), indicaron en sus publicaciones, que dadas las ventajas que presenta el dióxido de carbono (carácter no tóxico, no inflamable, alta pureza y bajo costo), es muy frecuente su uso para la extracción de componentes de residuos agroindustriales ajustándose la presión y la temperatura en el proceso.

Las plantas poseen una variedad de compuestos bioactivos como son los lípidos y grasas (aceites, ácidos grasos, triglicéridos), fotoquímicos, ácidos fenólicos, flavonoides y tocoferoles, fragancias, pigmentos, sabores, clorofilas y sales orgánicas que son utilizados en la industria alimentaria y no alimentaria, así como en cosmética y farmacéutica, respectivamente. (Velasco *et al.*, 2007)

Cabe señalar, que los métodos tradicionales de extracción requieren altas temperaturas, largos tiempos de residencia y grandes cantidades de solventes. Es por ello que el uso de fluidos supercríticos en la agroindustria genera grandes beneficios por la metodología y por los extractos obtenidos (Velasco *et al.*, 2007). Es relevante, la selección del solvente a utilizarse en el procedimiento, ya que cada solvente produce extractos y composiciones específicas y debe ser ecológicamente amigable (Zarnowski y Suzuki, 2004). Esquivel y Vargas (2007) exponen el esquema general de un sistema de extracción con fluido supercrítico (Figura 4):



*Figura 4.* Esquema general de un sistema de extracción con fluido supercrítico

Fuente: Esquivel y Vargas (2007)

### 2.2.3. Residuos sólidos

Según la Ley de Gestión integral de Residuos sólidos, aprobada con el D.L. N° 1278 en el Art. 48, señala que “los generadores de residuos sólidos no municipales deben contemplar en el plan de minimización y manejo de residuos sólidos, la descripción de las operaciones de: Minimización, Segregación, Almacenamiento, Recolección, Transporte, Valorización y Disposición final, como resultado del desarrollo de sus actividades productivas, extractivas o de servicios”

En el Perú , se promulgó la Ley general de Salud N° 26842 y la Ley General de residuos sólidos D.L.1278, que clasifica a los residuos según su origen de la siguiente manera:

**Tabla 6***Clasificación de los residuos sólidos*

<b>Residuos sólidos</b>		
<b>Según su origen</b>	<b>Según su gestión</b>	<b>Según su peligrosidad</b>
<b>Residuo domiciliario</b>	Residuo de ámbito municipal	Residuos peligrosos
<b>Residuo comercial</b>	Residuo de ámbito no municipal	Residuos no peligrosos
<b>Residuo de limpieza</b>		
<b>Residuo hospitalario</b>		
<b>Residuo industrial</b>		
<b>Residuo de construcción</b>		
<b>Residuo agropecuario</b>		
<b>Residuo de actividades especiales</b>		

Fuente: Ministerio del Ambiente (2017)

El Reglamento de Residuos sólidos del Ministerio de agricultura (MINAGRI) señala en el título II, art. 6º, que los residuos agroindustriales, son aquellos generados en procesos de transformación de productos agrícolas. En el art. 9º inciso 4, indica que el plan de manejo de residuos debe cumplir con el objetivo de determinar medidas alternativas para la minimización y valorización de residuos, complementando con el art. 18º que indica que el generador de residuos, aplicará estrategias de minimización, valorización o reaprovechamiento de residuos, con el fin de reducir el volumen y peligrosidad.

En el Capítulo VI, art. 22º, se indica que los residuos orgánicos, que se generen tanto en las actividades agropecuarias y agroindustriales, deben recibir tratamiento con la finalidad de reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contienen, recuperar materia o sustancias valorizables y en general mejorar la gestión del proceso de valorización.

### 2.2.3.1. Jerarquía en la gestión de residuos

En la Figura 5, se representan las prácticas de gestión de residuos, las más deseables en la cima de la jerarquía y las menos deseables en la base. Esta además indicar que, la prevención es la de máxima prioridad en la jerarquía de residuos pero los logros conseguidos en este ámbito han sido poco satisfactorios. Cuando no es posible la prevención, los materiales deben ser reutilizados, reciclados o usados como fuente de energía. Como último recurso, los residuos deben ser eliminados de forma segura. (APPA, 2012)



*Figura 5.* Pirámide jerárquica de gestión de residuos

Fuente: Asociación de empresas de energías renovables (2012)

### 2.2.3.2. Riesgos que ocasionan los residuos

- Riesgos a la salud: los residuos sólidos por una gestión inadecuada en alguna de sus etapas, pueden entrar en contacto con indiferentes insectos vectores, roedores y otros animales existentes, lo que permitiría el

incremento de un riesgo epidemiológico en la salud pública y la salud ocupacional. (Mosquera *et al.*, 2009)

- Riesgos al ambiente: una inadecuada disposición de los residuos puede causar una contaminación de los recursos acuíferos superficiales como subterráneos, los que muchas veces son fuentes de agua para el consumo humano.

Los materiales particulados, los olores, los gases, microorganismos patógenos y no patógenos que emiten los residuos sólidos son algunas de las causas que producen una contaminación atmosférica. (Mosquera *et al.*, 2009)

La disposición final de los residuos a campo abierto, rellenos sanitarios manuales o convencionales alteran la estructura natural de los suelos; si a ellos le agregamos el inadecuado manejo de lixiviados podrían estar dejándolos inutilizables por varios y largos años hasta que recuperen su estado productivo. (Mosquera *et al.*, 2009)

### **2.2.3.3. Composición de los residuos**

Se trata de identificar en un volumen determinado los distintos componentes de los residuos, se describen en términos de porcentaje en masa, en base a humedad y contenidos por materia orgánica e inorgánica. (Soliva y López, 2004).

La utilidad de conocer la composición de los residuos sirve para diferentes fines, entre los que podemos resaltar estudios de factibilidad de reciclaje, factibilidad de tratamiento, de investigación, de estudios de políticas de gestión (manejo técnico) en las diferentes etapas. (Bonmatí, 2008)

#### **2.2.4. Residuos agroindustriales**

Los residuos agroindustriales se generan luego de un proceso productivo, los cuales pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. Estos residuos se pueden aprovechar generándose nuevos productos con valor económico. (Saval, 2012; Vargas y Pérez, 2018)

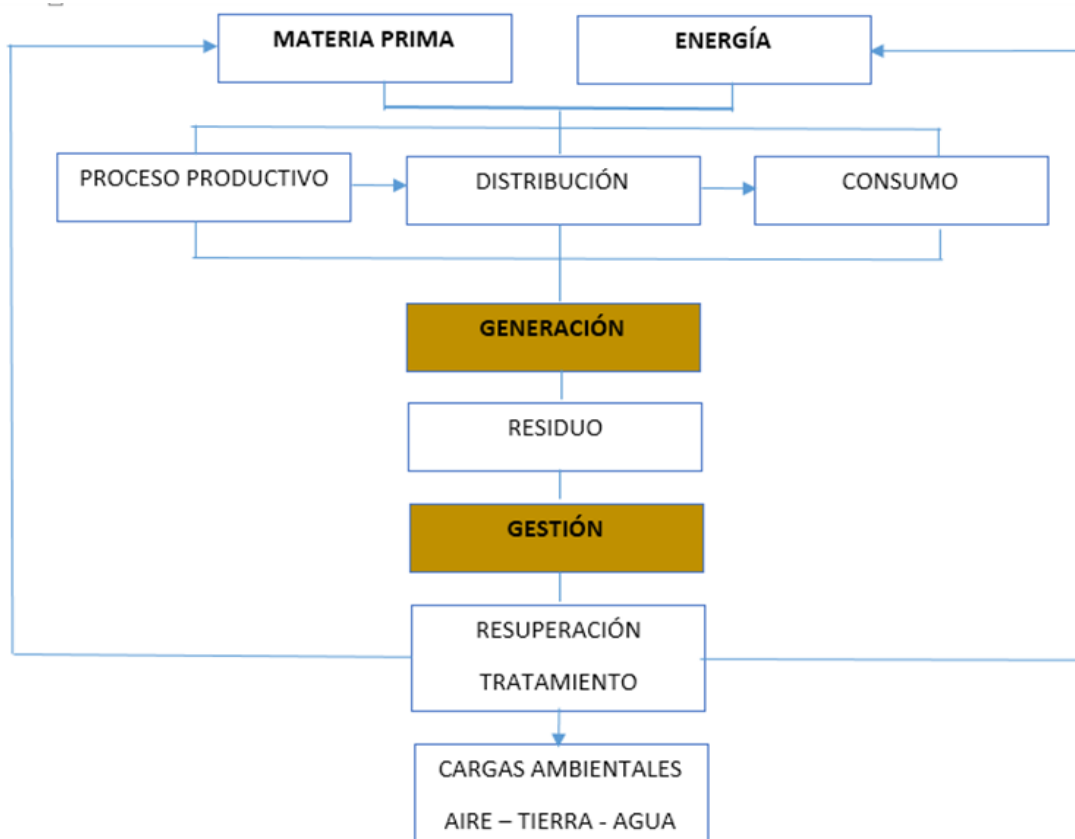
Olascoaga (2017), señaló que en el Perú, la agroindustria genera grandes cantidades de residuos sólidos orgánicos, sobre todo en las industrias que procesan frutas. Además citó que sobre el procesamiento de néctar de mango, se generaban entre 27,28 y 46,2 % de residuos dependiendo de las variedades de mango; que se generan entre 30 al 35 % de residuos sólidos en el procesamiento para la obtención de pulpa de lúcuma; para el caso de la chirimoya 36,8 % corresponden a cáscaras, 20,2 % a pepas y desechos y 43 % a la pulpa refinada y, con respecto al maracuyá mencionó que su composición era entre 57 al 60 % de cáscaras, 10% de semillas y entre 30 – 33 % de jugo.

Li *et al.* (2006), afirman que, en la granada, las cáscaras y membranas carpelares representan entre el 25 y 60 % del peso del fruto, dependiendo de la variedad, y las semillas entre el 5 y 15 %. Es por ello, la importancia de conocer las cantidades de residuos que se generan por la agroindustrialización y así gestionar el manejo de estos residuos para su aprovechamiento, la valorización de los extractos obtenidos y minimizar la contaminación ambiental.

Las agroindustrias hortofrutícolas generan una gran cantidad y diversidad de residuos, de buen valor nutritivo, que a la fecha se usan muy poco y se acumulan en canchas donde fermentan y se desarrollan insectos y sus efluentes contaminan esteros y ríos. La inclusión de algunos de ellos, en raciones de rumiantes provoca incrementos significativos en los niveles productivos y baja en los costos de producción. (Fernández, 2014)

El inventario del ciclo de vida (ICV) es una herramienta que se utiliza para llevar a cabo un manejo integral de los residuos y comienza en el momento en que un material se convierte en residuo, y termina cuando deja de serlo y se convierte en un producto útil, en energía aprovechable o en un material inerte. (Irusta *et al.*, 2006). La utilidad del ICV en el manejo de residuos se centra en encontrar la gestión óptima que minimice, tanto el consumo de energía y materias primas, como las cargas ambientales (Irusta *et al.*, 2006).

En la Figura 6, se presentan las etapas por las que pasa un residuo desde su producción hasta su destino final:



*Figura 6.* Ciclo de vida de un residuo

Fuente: Irusta *et al.* (2006)

#### **2.2.4.1. Aprovechamiento de residuos agroindustriales**

Los residuos agroindustriales son muy aprovechables debido a su propia composición fisicoquímica, lo que permite su reutilización. Los componentes extraídos pueden utilizarse en distintos procesos ambientales, sociales y económicos. (Alzate *et al.*, 2011)

La producción de desechos en forma incontrolada y los métodos ineficientes para su disposición, transformación y aprovechamiento constituyen un serio problema de contaminación ambiental. Los avances biotecnológicos y la necesidad de reciclar desechos y subproductos orgánicos para solventar problemas ambientales, han generado el desarrollo de una serie de alternativas tecnológicas para la producción de abonos orgánicos (compost, vermicompost, biofertilizantes, bionutrientes, bioactivadores) a partir del proceso de descomposición de desechos sólidos. (Matheus *et al.*, 2004)

El aprovechamiento de los desechos para la producción de abonos contribuye a solventar un problema ambiental, transformándolos en materiales orgánicos cuyas características permiten señalar que tienen la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo al potenciar los aspectos físicos, químicos y biológicos, que en última instancia favorece el crecimiento, desarrollo y producción vegetal. (Matheus *et al.*, 2004)

Para la producción de bioetanol se suelen utilizar algas, sorgo dulce, residuos agrícolas y municipales, pasto gigante y maguey (Montiel, 2010).

Galanakis (2012), alude a los principales biocompuestos extraídos de residuos agroindustriales (Tabla 7):

**Tabla 7***Principales biocompuestos extraídos de los residuos agroindustriales*

<b>Origen del residuo</b>	<b>Biocompuestos de interés</b>	<b>Origen del residuo</b>	<b>Biocompuestos de interés</b>
<b>Cereales</b>	Albumina, globulina, hemicelulosa, fibras insolubles, arabinosilanos, beta-glucanos, glucosa, arabinosa, galactosa.	<b>Frutas y verduras</b>	Hesperidina, limoneno, pectina, fenoles, fibra dietética, tartrato de calcio, beta-caroteno, licopeno, carotenoides, pectina.
<b>Raíces y tubérculos, plantas oleaginosas</b>	Arabinosilanos, fenoles, ácidos orgánicos, fitoesteroles, albúmina, fenoles, pectina.	<b>Productos cárnicos, productos lácteos</b>	Proteínas, hidrolizados de proteínas, lactosa, beta-lactoglobulina, alfa-lactoglobulina.
<b>Pescados y mariscos</b>	Proteínas, lípidos, quitina, quitosano		

Fuente: Galanakis (2012)

#### 2.2.4.2. Valoración de residuos agroindustriales

A través de todas las actividades humanas que realizamos, se van generando residuos que por diversas razones son desechados, se debe recalcar que no todo lo desechado carece de valor, es por eso, que todo residuo puede ser reutilizado, recuperado o reciclado, lo que optimiza sus características y le da un valor conveniente, que a su vez es muy beneficioso para el medio ambiente (Yepes, 2008).

El Art. 65 de la Ley de Gestión integral de Residuos sólidos, indica que la valorización es una alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente

a la disposición final de los residuos sólidos, considerando las operaciones de valorización las siguientes: reciclaje, compostaje, reutilización, recuperación, coprocesamiento, coincineración, generación de energía por biodegradación, entre otras alternativas y de acuerdo a la disponibilidad tecnológica del país.

De acuerdo a Aggelopoulos *et al.*, (2014) dentro de las alternativas de valoración de los residuos agroindustriales, se pueden agrupar en: valoración biológica y química, la obtención de combustibles y la valoración térmica.

a) La valoración biológica y química, nos permite realizar tratamientos para obtener gases, líquidos o sólidos que se comercializaran posteriormente.

Podemos citar los siguientes tratamientos en residuos agroindustriales:

- Compostaje
- Lombricultura
- Obtención de pectinas, utilizadas como espesantes
- Extracción de enzimas, como biocatalizadores de naturaleza proteica
- Extracción de aceites esenciales (esencias)
- Extracción de flavonoides y carotenoides, como pigmentos naturales, complemento alimenticio para animales y humanos, antiinflamatorios, antialérgicos, antioxidantes, inhibidores del cáncer, etc. (Aggelopoulos *et al.*, 2014).
- Fibra dietaria, como alimento para animales y humanos. Extracción de cutina, taninos y suberina (Koundoras *et al.*, 2013).

b) Obtención de combustibles (biogás)

c) Valoración térmica (Aggelopoulos *et al.*, 2014).

- Incineración
- Pirólisis

La industria de alimentos produce grandes cantidades de residuos que pueden ser aprovechados de diversas formas. Entre estos residuos se encuentran los provenientes de las frutas, los cuales pueden ser utilizados en alimentación animal y humana, abonos, obtención de biogás, en la extracción de aceites esenciales, pectinas, flavonoides, entre otros. Para la elección adecuada de alguna de estas tecnologías se deben realizar evaluaciones tecnológicas, comerciales y de riesgos (Yepes *et al.*, 2008).

### **2.2.4.3. Impacto ambiental**

Un impacto ambiental es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana, producida directa o indirectamente que, para que pueda ser considerado como tal, hace falta valorarlo y por lo tanto decir si este cambio se considera positivo o negativo y en qué medida.

Cuando son directos involucran pérdida parcial o total de un recurso o deterioro de una variable ambiental (contaminar aguas, talar bosques, etc.). Cuando son indirectos inducen y/o generan otros deterioros sobre el ambiente (erosión antrópica, inundaciones, etc.) (Garmendia *et al.*, 2005).

#### **2.2.4.3.1. Evaluación del impacto ambiental**

Por experiencias previas se ha demostrado que es fundamental el desarrollo de herramientas de gestión preventiva, con la necesidad de proveer capacidades que nos permitan identificar y corregir anticipadamente problemas ambientales o situaciones conflictivas que pudiesen provocar insatisfacción o deterioro de la calidad de vida de la población. (Garmendia *et al.*, 2005)

#### **2.2.4.3.2. Marco legal**

- Ley General de Residuos sólidos, aprobada con el D.L. N° 1278.

- Ley General de residuos sólidos, ley N° 27314
- Ley General del ambiente, ley N° 28611
- Constitución política del Perú.
- Ley general de Salud N° 26842

### **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

#### **Evaluación del impacto ambiental**

Son herramientas de predicción, y como tales, adquieren sentido solo si pueden influir en el desarrollo futuro de un proyecto. Por ello, su aplicación debe hacerse en las etapas de pre factibilidad o de diseño de los proyectos de inversión. Por ello, su aplicación debe hacerse en las etapas de pre factibilidad o de diseño de los proyectos de inversión . (Garmendia *et al.*, 2005)

## CAPÍTULO III

### MARCO FILOSÓFICO

Los procesos de agro industrialización traen consigo una serie de residuos que muchas veces pueden ser reutilizados o modificados para su posterior uso; además, pueden obtenerse biocompuestos que son muy beneficiosos para la salud humana, mientras que otros pueden ser aplicados a la farmacéutica colaborando de esta forma con la salud.

Hay biocompuestos que aportan valor nutricional o modificaciones beneficiosas en la industria alimentaria y no alimentaria. Pero de hecho, los residuos sobrepasan las aplicaciones que pudieran aprovecharlos y aun así hay gran cantidad de residuos que toman su tiempo en reintegrarse al medio ambiente.

Dado que nuestra región ha sido, por su clima, una buena área de producción de granada y, habiéndose despertado nuevamente el interés en este cultivo, se busca mediante la presente investigación encontrar un aprovechamiento de los residuos de la industrialización de la granada (*punica granatum*) y una vez tratados, por medio del uso de tecnologías supercríticas con CO<sub>2</sub>, demostrar que los residuos ya manipulados no provocarán daños al ecosistema. Y que los biocompuestos obtenidos pueden ser utilizados en distintos sectores industriales y con ello demostrar que se puede tener la filosofía de “residuo cero” como tendencia y forma de vida para combatir el derroche de recursos. De hecho, la utilización de tecnologías con fluidos supercríticos es una muy buena manera de obtener residuos que encajan perfectamente con esta filosofía.

Esta investigación es parte del sistema de gestión de recursos que tienen como meta la reutilización, minimización, tratamientos y valorización de residuos y éstos puedan ser reaprovechados sistemáticamente, maximizando su utilidad.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **4.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **4.1.1. Tipo de investigación**

La investigación es básica, no experimental. (Espinoza, 2010)

##### **4.1.2. Diseño de investigación**

Se trató de un estudio de diseño no experimental, descriptivo . Se empleó datos experimentales de trabajos de tesis en residuos de granada, obtenidos de los análisis del mismo proyecto de investigación (Contrato N° 127-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV) entre la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann y el Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) Banco Mundial.

Es descriptivo, ya que se describió , clasificó, analizó, interpretó y valoró los los biocompuestos extraídos y los biopolímeros modificados de los residuos de la industrialización de la granada (*Punica granatum*), para recuperarlos y reaprovecharlos para la industria, con técnicas ecoeficientes.

#### **4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Se consideró como muestra de estudio a los residuos agroindustriales de la granada (*Punica granatum*), procedentes del proceso de elaboración de zumo, a los cuales se les aplicó la tecnología supercrítica utilizando el CO<sub>2</sub>.

### 4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

<b>Variable independiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos de medida</b>
<b>Residuos de la granada</b>	Valoración de residuos a través de modelos matemáticos	Caracterización de biocompuestos	Modelos matemáticos.
		Control de impacto ambiental	Revisión bibliográfica
		Cumplimiento de leyes ambientales	Normas técnicas y ambientales
<b>Variables dependientes</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos de medida</b>
<b>Caracterización de los biocompuestos</b>	Identificación y clasificación de los biocompuestos	Recopilación e interpretación de	Normas técnicas y ambientales
	extraídos en investigaciones previas	línea base sobre biocompuestos	
<b>Valoración de residuos</b>	Utilidad y aprovechamiento de los biocompuestos en el sector industrial y ambiental	Valoración del material residual proveniente de la extracción	Normas técnicas y ambientales
	Modificación de los biopolímeros con propiedades nutraceuticas	super crítica de los residuos de la industrialización de la granada.	

## **4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **4.4.1. Técnicas**

La recopilación de información se obtuvo mediante la búsqueda bibliográfica de la evidencia científica acumulada en tesis, libros, bases de datos y artículos de investigación, sobre una pregunta de investigación previamente definida sobre fluidos supercríticos con CO<sub>2</sub> en plantas y/o sus residuos y otro tipo de solventes de extracción.

La información recopilada se sometió al análisis de contenido, se evaluó, clasificó y observó las características propias del método de extracción. Asimismo, se identificó los resultados y la valorización de los biocompuestos obtenidos, en investigaciones científicas previas.

Posteriormente, se comparó e identificó los posibles usos de los biocompuestos extraídos de la granada (*Punica granatum*) y de los residuos del proceso de extracción. Finalmente, se justificó la importancia del método de extracción utilizado, para la valorización de los biocompuestos extraídos y el valor medioambiental, y la minimización de daño ecológico con el uso de esta metodología.

### **4.4.2. Instrumentos**

Fichas de recolección de material bibliográfico y virtual (libros, revistas y boletines), datos estadísticos, resultados de investigaciones con el mismo método de extracción u otros.

A continuación se presentan ejemplos de investigaciones realizadas en plantas y residuos agroindustriales con el método de extracciones supercríticas, en los que se valorizan los biocompuestos extraídos para su uso en la industria alimentaria, no alimentaria, cosmética y/o farmacéutica:

**Autor** Satyannarayana *et al.* ( 2018)

**Materiales y métodos**

El germen de trigo crudo (*triticum vulgare*) es pre tratado para eliminar la humedad e inactivar enzimas en un horno a 105 °C durante 45 minutos, se extrae el aceite con alto contenido de tocoles (vitamina E) y bajo contenido de fósforo usando la unidad de extracción SCCO<sub>2</sub> con 500 cm<sup>3</sup> de capacidad de Waters Corporation, Milford, USA, diseñado para soportar Presiones y temperaturas de hasta 60 MPA y 80 °C respectivamente, se trabajó con un tiempo de 3 horas de extracción basándose en estudios preliminares.

**Objetivo**

Extracción con SCCO<sub>2</sub> de aceite de germen de trigo  
Se aplicó el diseño Box Behnken con tres factores: Presión, temperatura y flujo de CO<sub>2</sub>.

**Modelo matemático**

Se obtuvieron tres modelos polinomiales de segundo orden diferentes para rendimiento de aceite, contenido de fósforo y contenido de tocoles, con altos valores de R<sup>2</sup>.

Se realizó el análisis estadístico utilizando el software RSM Design Expert® v.10.

Las respuestas fueron analizadas utilizando el análisis de varianza (ANOVA).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j$$

**Fórmula**

Donde

(Y) es la respuesta investigada en segundo orden de la ecuación polinómica.

Las variables codificadas independientes (X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>,...X<sub>n</sub>) que afectan las respuestas.

Los coeficientes de regresión para la intersección, lineal,

	<p>cuadrática, son <math>\beta_0</math>, <math>\beta_i</math> (<math>i=1,2,\dots,k</math>), <math>\beta_{ii}</math> (<math>i=1,2,\dots,k</math>) y <math>\beta_{ij}</math> (<math>i=1,2,\dots,k, j = 1,2,\dots,k</math>), donde <math>k</math> es el número de variables.</p> <p>Los parámetros del proceso se mantuvieron entre 30 - 50 MPa, de 40 a 60 °C y de 10 a 30 g·min<sup>-1</sup> de caudal de CO<sub>2</sub> en la matriz de diseño Box Behnken. Las condiciones óptimas fueron: 50 MPa, 60 °C y 30 g·min<sup>-1</sup></p>
<b>Parámetros óptimos</b>	<p>En condiciones óptimas el rendimiento de aceite, el contenido de fósforo y el contenido de tocoles previstos fueron 8.87 %, 3</p>
<b>Análisis de resultados</b>	<p>1,86 mg·Kg<sup>-1</sup> y 2059,92mg·Kg<sup>-1</sup> respectivamente.</p> <p>El rendimiento de aceite de alta calidad con el menor contenido de fósforo y el mayor contenido de tocoferoles presentaron valores muy cercanos a los predichos por el modelo.</p> <p>El germen de trigo contiene proteína de origen vegetal, vitaminas del complejo B y E, ácido fólico, tiamina, minerales como fósforo, zinc, selenio, potasio, hierro, y bajo contenido de sodio. El germen de trigo al no tener purinas, es un alimento dirigido a personas que tengan un nivel alto de ácido úrico.</p> <p>La obtención de aceite con alto contenido de tocoferoles (vitamina E), por su alto valor nutritivo necesarias y que aportan energía (fao.org).</p>
<b>Valorización y usos</b>	<p>Mejora la elasticidad y la firmeza de la piel (<a href="http://www.farmacia.bio">www.farmacia.bio</a>), los aceites cumplen con los estándares de calidad establecidos para aceites comestibles y de interés en la industria cosmética (Pantoja-Chamorro <i>et al.</i>, 2017).</p> <p>En el año 1997, la FAO recomendó que en el refinado del aceite se deben obtener valores menores a 5mg de fósforo/kg de aceite.</p> <p>La completa separación del disolvente supercrítico y el aceite durante la despresurización hace innecesaria cualquier otra operación posterior de eliminación del disolvente, no quedando rastros de disolvente en el aceite extraído (garantizándose así la</p>

calidad del producto extraído). De esta forma, en relación al proceso convencional con disolventes líquidos, el proceso supercrítico elimina una etapa muy costosa energéticamente, la destilación del disolvente, y simplifica el posterior refinado del aceite (Molero *et al.*, 1997).

El residuo sobrante de germen de trigo extraído es utilizado como fibra para alimentar animales, así mismo es posible utilizarlo como abono sin ninguna presencia de disolvente ya que la propia técnica evita tener que destilar para eliminarlo (Blanco *et al.*, 1999).

Costo en USD 35 – 40 / kg de aceite de vitamina E, D - alfa tocoferol

<b>Autor</b>	González-Alejo <i>et al.</i> (2019) Para la extracción de los compuestos solubles, de la cascarilla molida de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) trinitario mexicano tostado lavado con agua desionizada y secada al sol, se utilizaron 30 g de muestra, a los que se añadieron 20 ml de etanol absoluto;
<b>Materiales y métodos</b>	Las extracciones se realizaron a flujo constante de 0.176 g de CO <sub>2</sub> /min, con una fase estática o de remojo constante de 20 min. Posteriormente, la mezcla fue colocada en la cámara de extracción del extractor supercrítico modelo SFT-150 SFE (Supercritical Fluid Technologies, INC., Newark, Delaware, EUA).
<b>Objetivo</b>	Extracción supercrítica de teobromina, cafeína y grasa de la cascarilla de cacao con SCCO <sub>2</sub> Se propuso un diseño factorial 2 <sup>2</sup> con 5 puntos centrales.
<b>Modelo matemático</b>	La matriz de resultados obtenida a partir del diseño experimental se analizó en MATLAB R2014a, y el ajuste se llevó a cabo con una ecuación polinomial de primer orden con términos de interacción
<b>Fórmula</b>	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{1,2} x_1 x_2 + \epsilon_i$

Donde

$Y_i$  es la variable respuesta,

$x_1$  y  $x_2$  son las variables independientes o regresoras y su interacción,

$\beta_0$  es la ordenada al origen,

$\beta_1$  ,  $\beta_2$  ,  $\beta_{1,2}$ , son los coeficientes de regresión lineales y de interacción respectivamente, que evalúan los efectos,

$\epsilon_i$  es el error aleatorio con media cero,  $E(\epsilon) = 0$  y

Varianza  $V(\epsilon) = \sigma^2$ .

**Parámetros  
óptimos**

La temperatura y la presión en el proceso de extracción con  $CO_2$  en condiciones estáticas de operación permitieron la extracción de grasa y cafeína y se retuvo en el residuo la teobromina.

**Análisis de  
resultados**

La extracción de cafeína hasta 78,38 % por el método supercrítico fue más provechosa que para la teobromina por la presencia de un grupo sustituyente metil (metilxantina), lo que modifica las propiedades físicas y químicas ocasionando una diferencia en el punto de fusión y la entalpia de fusión. En cuanto a la remoción de grasa hasta un 94,54 %, lo que indica que la extracción supercrítica es un método eficaz para separar las grasas de matrices naturales, con ayuda de un co-solvente como el etanol y teniendo cuidado con la despresurización al momento de la colección de la grasa.

**Valorización  
y usos**

Aparte de su función estimulante, las propiedades de la teobromina en humanos son: un efecto diurético y relajante, la dilatación de los vasos sanguíneos y la reducción de la presión arterial, estimula los riñones, estimula también los sistemas cardiovascular y muscular, mejora la digestión y, en general, el movimiento intestinal. Actúa sobre la dilatación de los bronquios, lo que ayuda en ataques de asma. Por esto, también

se utiliza como medicamento para la tos. Así pues, la teobromina desarrolla una función relevante a nivel cardíaco y de las vías respiratorias (Blog observatorio del cacao, 2017; Kalvatchev *et al.*, 1998).

En el cacao (*Theobroma cacao*), el componente más importante es el componente graso, el cual es ampliamente usado en la industria chocolatera, farmacéutica y de cosméticos. La ceniza ha sido usada para fabricar jabón en Ghana y Nigeria (Kalvatchev *et al.*, 1998).

A altas dosis de teobromina los efectos adversos que se observan en humanos incluyen náuseas y anorexia. Consumos de altas cantidades de teobromina durante largo tiempo de productos de cacao, dan una ingesta de metilxantina de 1,5 g por día, pudiendo aparecer sudoraciones, temblores y severos dolores de cabeza. (www.elika.net, 2009).

Además de la cafeína contiene teobromina, un estimulante que generalmente se encuentra en el chocolate, que ha demostrado reducir la fatiga física y mental, y combatir el estrés (Tapia, 2015).

La materia orgánica sobrante del sector agroindustrial suele usarse en una parte para la obtención de nuevas fuentes de energía renovable (energía eléctrica, térmica y combustible) de modo tal que se disminuye la dependencia que hay hacia el petróleo y sus derivados, otra parte de estos residuos se usan como abono y la fracción faltante son aquellos residuos que generan emisiones al medio ambiente. Dentro de estos residuos que produce la industria agrícola se encuentran los generados por el cultivo, cosecha y transformación del cacao, en el proceso productivo el cotiledón del cacao es la única materia prima de interés, por lo que el resto de componentes del fruto del cacao como la cascarilla (contenedora del grano de cacao) y

la cáscara (contenedora de la mazorca del cacao) son descartados (Sarmiento, 2019).

La fracción clorofórmica (cafeína y teobromina) presentes en la cascarilla de cacao resultó promisorio en la inhibición del crecimiento de bacterias como *Bacillus cereus* spp y *Streptococcus agalactiae* (Cuéllar y Guerrero, 2012).

<b>Autor</b>	Triana-Maldonado <i>et al.</i> (2017) En el proceso de extracción de aceite de semillas de Sacha inchi ( <i>plukenetia volubilis</i> ) de Antioquía-Colombia, peladas y molidas y utilizando la extracción supercrítica a una temperatura
<b>Materiales y métodos</b>	de 60 °C, entre 400 – 500 bares y un flujo de CO <sub>2</sub> entre 40 y 80 g/min. El fraccionamiento del aceite de Sacha inchi se hizo en equipos Thar Technologies modelos P200 1998 en escala de laboratorio y en Guangzhou Masson equipo de Technology Co Ltd modelo 12L-SFE 2007 a escala piloto.
<b>Objetivo</b>	Extracción con sCCO <sub>2</sub> de aceite y ácido graso ω - 3 de semillas de sacha inchi
<b>Modelo matemático</b>	Se usó el análisis estadístico R-Project software versión 3.1.2. ©Core Team, 2014).
<b>Fórmula</b>	Variación de presión, temperatura, flujo de sCCO <sub>2</sub> y tiempo de extracción
<b>Parámetros óptimos</b>	Se trabajó con los parámetros óptimos de 60°C, presión de 500 bares (50 MPa) y un flujo de CO <sub>2</sub> de 40 g/min, durante 120 y 180 minutos
<b>Análisis de resultados</b>	La recuperación máxima del 60,54 % fue a 105 min de extracción y a una temperatura de 60 °C, presión de 450 bares y flujo de CO <sub>2</sub> de 1270 g/min, sin afectar la composición de los ácidos grasos del aceite durante un periodo de extracción entre 30–120 min. El tiempo de extracción máximo ni la temperatura de 60 °C afectaron al ácido graso ni la densidad del aceite, pero no se

	<p>alcanzó una fracción significativa de <math>\omega</math>-3.</p> <p>Las semillas del sachá inchi constituye la fuente natural de la mayor calidad de aceite del mundo que supera en calidad a todas las semillas oleaginosas. Es utilizada para la producción de aceites, por tener el más alto contenido de aceite insaturado omega (92 %), reductores de colesterol y la harina contiene alto porcentaje de proteínas y vitaminas A, D y E; es un excelente recurso para la producción de alimentos y su industrialización en productos derivados. La semilla del sachá inchi produce una almendra que posee uno de los más altos contenidos de ácidos grasos esenciales para el organismo, como son omega 3, 6 y 9 que son fuente natural de aceite de consumo doméstico, industrial, cosmético y medicinal (INDECOPÍ, 2018)</p> <p>Asimismo, ayuda a contrarrestar problemas de colon irritable e hígado graso, favorece la reducción de colesterol malo (LDL) en la sangre y estimula el incremento del colesterol bueno (HDL), regula la presión arterial previniendo el infarto al miocardio y la trombosis arterial, y reduce la tasa de triglicéridos al mejorar el riego sanguíneo (PERU INFO, 2020), la piel (Alayón y Echeverri, 2016).</p>
<b>Valorización y usos</b>	
<b>Autor</b>	Dorado <i>et al.</i> ( 2017)
<b>Materiales y métodos</b>	Se utilizaron semillas frescas de Papaya ( <i>Carica papaya</i> ) las cuales se lavaron y secaron a 50°C durante 8 horas, llegando a 7,2 % de humedad, luego se molieron y se sometieron a proceso de extracción supercrítica con CO <sub>2</sub> en un equipo SFE-500 (Waters, USA).
<b>Objetivo</b>	Extracción de ácidos grasos, esteroides y tocoferoles de semillas de papaya.
<b>Modelo matemático</b>	Se aplicó un diseño factorial de experimentos, para determinar la influencia de las condiciones de presión y temperatura supercríticas sobre el rendimiento y la composición. Se

realizaron 4 puntos factoriales, 4 puntos estrella y 4 réplicas en el punto central para un total de 12 experimentos.

La optimización del rendimiento de extracción proporcionó un modelo matemático de segundo orden.

El análisis estadístico de los resultados se realizó con la ayuda del programa Statgraphics Centurion XV® (StatPoint technologies, Inc., War-renton, VA, USA).

$$R = 2,26566 + 0,0524503 P - 0,395335 T + 0,00021891 P^2 - 0,00166873 PT + 0,00718767 T^2$$

**Fórmula**

Donde

R representa el rendimiento de extracción (% p/p),

P es la presión de extracción (MPa) y

T es la temperatura (°C).

**Parámetros óptimos**

Un rendimiento óptimo del 26,3 % en aceite se obtuvo a 38,1 MPa y 36 °C. En el aceite se encontró un alto contenido de ácido oleico y en menor proporción los ácidos grasos: palmítico, linoléico, esteárico, palmitooleico, láurico, linolénico y mirístico.

Además, se identificaron componentes minoritarios tales como: campesterol, estigmasterol, β-sitosterol, cicloartenol, sitostenona, escualeno y α-tocoferol.

Se obtuvo un alto rendimiento de aceite de semillas de papaya y una extracción selectiva en ácidos grasos y escualeno.

**Análisis de resultados**

Se identificaron como ácidos grasos mayoritarios el ácido oleico con una concentración promedio de 57,45 mg/mL (59,89 %) y el ácido palmítico con 28,68 mg/mL (27,67 %). En menor proporción se encontró el ácido linoleico (7,58 %), esteárico (3,30 %), palmitooleico (1,03 %), láurico (0,62 %), linolénico (0,54 %) y mirístico (0,52 %).

**Valorización y usos**

Las semillas de papaya contienen una cantidad considerable de vitamina C que aparece en el aceite de la semilla, el cual, cuando se libera al molerlas para convertirlas en polvo, despi

un aroma semejante al de chocolate tostado. La composición aproximada de esta semilla, en base seca, se caracteriza por un contenido promedio de aceite de 33 % y un 29 % de proteína (Parni y Verma, 2014).

Pequeñas dosis de  $\beta$ -sitosterol presentes en el aceite extraído pueden actuar como agente quimiopreventivo de cáncer de colon y de mama, así como en la prevención de enfermedades cardiovasculares y es considerado como indicador de alta estabilidad en aceites para frituras, ya que es estable frente a la termo-oxidación por la presencia de una sola insaturación. Por otro lado, la industria cosmética presenta interés en los aceites con un alto contenido de ácidos grasos insaturados para su uso en cremas hidratantes, el aceite de semillas de papaya presenta un gran potencial para ser usado como ingrediente natural en la industria alimentaria, farmacéutica y/o cosmética (Dorado *et al.*, 2017).

<b>Autor</b>	Hernández <i>et al.</i> ( 2010)
<b>Materiales y métodos</b>	Se extrae de la cachaza del azúcar de caña ( <i>Saccharum officinarum</i> ) con $\text{scCO}_2$ y el co disolvente metanol al 15 % el aceite. Con el extractor Thar, modelo SF 100
<b>Objetivo</b>	Extracción supercrítica de aceite de cachaza y verificar la calidad de éste y ácidos grasos presentes. Los resultados indican que las técnicas a alta presión son
<b>Parámetros óptimos</b>	mucho más selectivas para la recuperación de estas sustancias obteniéndose los mejores resultados a las condiciones de 35°C, 400 bares y 55°C, 400 bares
<b>Análisis de resultados</b>	Los métodos de alta presión son más selectivos y eficientes que los métodos convencionales estudiados para la extracción de aceite de cachaza, mientras el rendimiento de los ácidos grasos en este aceite se beneficia a medida que se aumenta la presión.

<b>Valorización y usos</b>	<p>La cachaza resultó ser una alternativa para ser utilizada en los procesos de remoción de contaminantes como los Hidrocarburos Totales del petróleo e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo, con resultados semejantes a los alcanzados con el bagazo de caña de azúcar. La cachaza además de funcionar como enmienda, presenta la ventaja de aportar microorganismos al suelo con la capacidad de biotransformar los tóxicos y de nutrimentos en mayor concentración que los encontrados en bagazo de caña de azúcar, en especial del fósforo (García-Torres <i>et al.</i>, 2011)</p> <p>Es posible obtener biodiesel a partir de la reacción de transesterificación entre el aceite de la cachaza y alcohol extrafino, empleando como catalizador el etóxido de sodio (León <i>et al.</i>, 2016).</p>
<b>Autor</b>	Farías ( 2015)
<b>Materiales y métodos</b>	<p>Las lías de pisco fueron obtenidas durante el trasiego del mosto, se someten a liofilización y extracción supercrítica con SCCO<sub>2</sub> y etanol en la unidad de extracción SFE_I del Laboratorio de extracción, Fraccionamiento e identificación de extractos vegetales (LASEFI)</p>
<b>Objetivo</b>	<p>Extracción supercrítica de compuestos fenólicos a partir de lías obtenidas de los residuos de la producción de Pisco</p> <p>La curva global de extracción para el método supercrítico se usa para medir la tasa de extracción en función del tiempo o masa de disolvente utilizada. Donde existen 3 periodos: Periodo de</p>
<b>Modelo matemático</b>	<p>tasa de extracción constante (CER) a velocidad constante; Periodo de tasa de extracción decreciente (FER) dada durante el agotamiento del extracto en su superficie; Periodo de tasa de extracción controlada por la difusión (DC), controlada por la difusión en la parte interna de la partícula sólida.</p>

$$m_{ex} = (b_0 - c_1 b_2) + (b_1 + b_2)t$$

$$m_{ex} = (b_0 - c_1 b_2 - c_2 b_3) + (b_1 + b_2 + b_3)t$$

Donde,

$b_1$  y  $c_1$  = parámetros del modelo (adimensional)

**Fórmula**

$c_1$  = tiempo de intersección de la primera con la segunda recta (min)

$c_2$  = tiempo de intersección de la segunda con la tercera recta (min)

$m_{ext}$  = masa de extracto (g) o rendimiento de extracción (%)

$t$  = tiempo (min)

**Parámetros óptimos**

La mayor extracción de 46 % fue en un tiempo de 1,5 h y a 40°C y 20MPa.

**Análisis de resultados**

El proceso de extracción supercrítica del residuo de lías de pisco fue influenciado por la presión, ya que la porosidad de las lías comprometieron la eficiencia de la extracción. La obtención de compuestos fenólicos fue eficiente.

**Valorización y usos**

El proceso de extracción supercrítica fue el método de extracción más eficiente para la obtención de compuestos fenólicos a partir de lías de pisco debido que fueron obtenidos extractos más concentrados en compuestos fenólicos (Farías, 2015).

El extracto fenólico de la semilla de uva quebranta desgrasada presenta actividad antifúngica. El rendimiento de la extracción de aceite obtenido con CO<sub>2</sub> supercrítico fue superior al obtenido con hexano (Barriga, 2018).

**Autor**

Barriga *et al.* (2018)

**Materiales y métodos**

Se colectaron 60 kg de orujo (semillas, hollejo y piel) de uva (*Vitis vinífera*) variedad Quebranta, donde el orujo fue colocado en las bandejas del secador de aire frío a 25 °C durante 36 horas hasta 13 % de humedad, el hollejo y piel de uva fueron separados con el tamiz de acero inoxidable de 7 mm de

	<p>abertura.</p> <p>Las semillas fueron sometidas a secado a 40 °C por 6 horas en una estufa de convección forzada hasta una humedad menor a 7 %. Se trituraron las semillas y tamizaron en 1mm, 0,85 mm y 0,71 mm para realizar la extracción del aceite por triplicado.</p>
<b>Objetivo</b>	<p>Extracción de aceite de semillas de <i>vitis vinífera</i> con CO<sub>2</sub> supercrítico.</p> <p>La optimización del rendimiento de aceite con sCCO<sub>2</sub> fue realizado con metodología de superficie de respuesta,</p>
<b>Modelo matemático</b>	<p>considerando tres factores: presión, temperatura y flujo, establecidos según resultados de pruebas preliminares, parámetros supercríticos del CO<sub>2</sub> y el funcionamiento del extractor supercrítico.</p> <p>El coeficiente de determinación del modelo fue de 96,73 %, indicando que el modelo predictivo fue altamente significativo.</p> <p>El análisis de regresión de superficie respuesta reporta el modelo predictivo de optimización:</p>
<b>Fórmula</b>	$R = -23,4 + 0,1973 P - 0,614 T + 1,134 F + 0,000444 P^2 + 0,003559 P \times T - 0,002690 P \times F - 0,00838 T \times F$ <p>Donde:</p> <p>R es el rendimiento de aceite (%)</p> <p>P es la presión (bar)</p> <p>T es temperatura (°C)</p> <p>F es flujo (g/min)</p>
<b>Parámetros óptimos</b>	<p>Las condiciones óptimas de extracción de aceite de semilla de uva con sCCO<sub>2</sub>, sugeridas por el método superficie respuesta, fueron 188 bares, 33,5 °C y 57 g/min, logrando mejorar el rendimiento de extracción de aceite.</p> <p>Los contenidos de ácido linoléico y ácido oleico, así como la actividad antioxidante del aceite de semilla de uva variedad</p>

Quebranta, son resultados prometedores para la valorización de la semilla, residuo de la elaboración de pisco.

Los contenidos de aceite extraídos con sCCO<sub>2</sub> de la semilla de 0,85 - 1 mm eran inferiores que el contenido de grasa cruda, los bajos rendimientos se deben a que el aceite quedó retenido en el interior de las partículas.

**Análisis de resultados** Se obtuvieron mayores rendimientos de aceite con tamaños de partículas < 0,71 mm, debido a que existe mayor superficie de contacto con CO<sub>2</sub> supercrítico facilitando la mayor solubilización y extracción del aceite de la semilla.

el aceite extraído por prensado, se encuentran dentro del rango (1,467-1,477), que establece estos rangos para los aceites comestibles. (Trevejo y Maury,2002)

**Valorización y usos** El extracto fenólico de la semilla de uva quebranta desgrasada presenta actividad antifúngica. El rendimiento de la extracción de aceite obtenido con CO<sub>2</sub> supercrítico fue superior al obtenido con hexano (Barriga, 2018).

**Autor** Serna-Jiménez *et al.* (2018)

Se trabajó con pulpa de café (*Coffea*) variedad castillo naranjal fue secada a 60 °C durante 420 minutos empleando una estufa de circulación forzada (Binder, Alemania). Las condiciones de secado fueron establecidas experimentalmente en función del contenido de humedad (datos no presentados). Posteriormente, se tomaron 3,3 gramos de pulpa de café seca y se colocaron en una tela filtrante. La pulpa fue sumergida en 250 ml de agua potable (utilizada como solvente) en las condiciones de tiempo y temperatura de acuerdo al diseño experimental.

**Materiales y métodos**

**Objetivo** Aprovechamiento de la pulpa de café para valorizar sus subproductos.

**Modelo matemático** Se empleó un diseño central rotatorio con 4 puntos centrales. Todas las mediciones fueron realizadas de manera aleatoria.

	<p>Los resultados fueron analizados a través de un sistema de ecuaciones matriciales empleando el software Matlab. Y se realizó un análisis de varianza empleando el software Statgraphics® versión 16.</p>
<p><b>Parámetros óptimos</b></p>	<p>El tiempo y temperatura ejercen un efecto significativo (<math>p</math>-value 0,005) sobre la capacidad antioxidante de la infusión, en este caso la extracción a 90°C, durante 4,5 minutos generó la mayor capacidad antioxidante.</p>
<p><b>Análisis de resultados</b></p>	<p>En relación a la temperatura de extracción es posible afirmar que la capacidad antioxidante es proporcional al aumento de la temperatura, lo cual se relaciona con un incremento de la solubilidad de los compuestos antioxidantes, debido a que las altas temperaturas permiten la ruptura de las paredes celulares, intensificando la transferencia o migración de biocomponentes, puesto que mejora el efecto de penetración del disolvente en el tejido vegetal y capilar, en este caso de la pulpa de café.</p>
<p><b>Valorización y usos</b></p>	<p>El tiempo y la temperatura ejercen un efecto significativo en la concentración de polifenoles en la pulpa de café seca. La pulpa de café seca tiene presencia de polifenoles, por lo cual aumenta su posibilidad de agroindustrialización.</p> <p>Existe suficiente evidencia científica para asegurar que no solo los granos de café poseen cantidades importantes de polifenoles y otros compuestos bioactivos, sino que también, los productos derivados del procesamiento del fruto del café son ricos en fitoquímicos. Los ácidos clorogénicos presentes en estas matrices poseen actividad antioxidante y antimicrobiana. (Chaves y Esquivel, 2019)</p> <p>El proceso de elaboración del café soluble se concentran los compuestos solubles del café tostado, incluyendo aquellos que poseen actividad antioxidante, como los fenoles y las melanoidinas (Pérez-Hernández <i>et al.</i>, 2013).</p>

<b>Autor</b>	Restrepo <i>et al.</i> (2016) Los frutos cosechados en racimos de las cuatro variedades fueron desgranados, lavados y cocinados por separado durante 60 min.
<b>Materiales y métodos</b>	Posteriormente, se les retiró la cáscara y se extrajo la semilla. Por último, el mesocarpio obtenido se sometió a secado durante 15 h a 35°C y para la obtención de la harina se molieron las muestras hasta un tamaño de partícula de 0,4 mm. El contenido de humedad de las muestras secas fue determinado por secado a peso constante desde 95 a 100 °C a 13,3 kPa de presión.
<b>Objetivo</b>	Extracción de la fracción lipídica del chontaduro ( <i>Bactris gasipaes Kunth</i> ). Los resultados obtenidos por triplicado del rendimiento de extracción y el contenido lipídico se ven en la media de la desviación estándar. Se analizan por ANOVA usando un software IBM® SPSS Statistics 19.0
<b>Modelo matemático</b>	El rendimiento se obtuvo con la siguiente ecuación:
<b>Fórmula</b>	$Y(p/p) = (E/ MP) \times 100$ <p>Donde:</p> <p>Y: rendimiento de extracción (p/p)</p> <p>E: extracto obtenido (g)</p> <p>MP: Cantidad de materia prima (g)</p>
<b>Parámetros óptimos</b>	Los porcentajes de aceite extraído de cada ecotipo estudiado de <i>Bactris gasipaes</i> , evidencian que la extracción con SCCO <sub>2</sub> tiene un rendimiento significativamente mayor que el método Soxhlet utilizando hexano como disolvente, pues permite una mayor eficiencia en la extracción de ácidos grasos, además de una reducción del tiempo en la operación.
<b>Análisis de resultados</b>	Se resalta la importancia del chontaduro como producto natural con buen contenido de ácidos grasos, principalmente el ácido

	<p>graso insaturado oleico que se encuentra en mayor proporción para los ecotipos chichagui, gasipaes (R) y gasipaes (V).</p> <p>Así mismo, el fruto del chontaduro presenta un gran valor nutricional por el contenido de los ácidos grasos poliinsaturados linoléico y linolénico.</p> <p>Se resalta la importancia del chontaduro como producto natural con buen contenido de ácidos grasos, principalmente el ácido graso insaturado oleico (Restrepo <i>et al.</i>, 2016).</p> <p>El aceite de extraído puede ser utilizado para consumo humano y para uso cosmético (Chaparro, 2011).</p>
<b>Valorización y usos</b>	
<b>Autor</b>	Parczewska <i>et al.</i> (2016)
<b>Materiales y métodos</b>	<p>Dos tipos de gérmenes producidos a partir de trigo (<i>Triticum vulgare</i>) cultivado, fueron utilizados para la extracción supercrítica con CO<sub>2</sub> y etanol, a una temperatura entre 40 -60 °C, 21 MPa de presión y flujo de 60 dm<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> a presión ambiental, previa adición de 10 cc de etanol.</p>
<b>Objetivo</b>	<p>Obtención de aceite de germen de trigo mediante extracción con SCCO<sub>2</sub> y etanol</p> <p>La determinación del contenido de ácidos grasos, expresado por la desviación estándar relativa (RSD) está de acuerdo a la siguiente relación:</p>
<b>Modelo matemático</b>	<p>RSD= 1,3 % para contenidos &gt; 40 %</p> <p>RSD= 3,0 % para contenidos &gt;10 &lt; 40 %</p> <p>RSD=5,9 % para contenidos &gt; 1 &lt; 10 %</p> <p>RSD= 11,3 % para contenidos &lt; al 1 %</p>
<b>Valorización y usos</b>	<p>El germen de trigo contiene proteína de origen vegetal, vitaminas del complejo B y E, ácido fólico, tiamina, minerales como fósforo, zinc, selenio, potasio, hierro, y bajo contenido de sodio. El germen de trigo al no tener purinas, es un alimento dirigido a personas que tengan un nivel alto de ácido úrico.</p> <p>La obtención de aceite con alto contenido de tocoferoles</p>

(vitamina E), por su alto valor nutritivo necesarias y que aportan energía (fao.org).

Mejora la elasticidad y la firmeza de la piel (www.farmacia.bio ), los aceites cumplen con los estándares de calidad establecidos para aceites comestibles y de interés en la industria cosmética (Pantoja *et al.*, 2017).

En el año 1997, la FAO recomendó que en el refinado del aceite se deben obtener valores menores a 5mg de fósforo/kg de aceite.

La completa separación del disolvente supercrítico y el aceite durante la despresurización hace innecesaria cualquier otra operación posterior de eliminación del disolvente, no quedando rastros de disolvente en el aceite extraído (garantizándose así la calidad del producto extraído). De esta forma, en relación al proceso convencional con disolventes líquidos, el proceso supercrítico elimina una etapa muy costosa energéticamente, la destilación el disolvente, y simplifica el posterior refinado del aceite (Molero *et al.*, 1997).

El residuo sobrante de germen de trigo extraído es utilizado como fibra para alimentar animales; así mismo, es posible utilizarlo como abono sin ninguna presencia de disolvente, ya que la propia técnica evita tener que destilar para eliminarlo (Blanco *et al.*, 1999).

<b>Autor</b>	Maznah <i>et al.</i> (2010)
<b>Materiales y métodos</b>	Las semillas de melón ( <i>Cucumis melo</i> ) fueron recolectadas, lavadas y secadas en un horno a 50 ° C luego se molieron y se mantuvieron a 4°C para garantizar el cuidado de los aceites presentes. La extracción de 100 g de muestra con sCCO <sub>2</sub> en tres fracciones de extracción con temperatura de 40 °C, 600 bares de presión y un flujo de 25 g/min.
<b>Objetivo</b>	Extracción de aceites de semillas de dos variedades de melón

	<p>por extracción con fluido supercrítico</p> <p>Was Used the SPSS (Statistical Program for Social Sciences) version 12 for windows and Analysis of variance (ANOVA) and Pearson's correlation coefficients to compare the data. Were made at least in triplicate and were averaged</p>
<b>Modelo matemático</b>	<p>De acuerdo a la bibliografía y procedimientos anteriores se utilizaron los parámetros de:</p> <p>Temperatura: 40°C</p> <p>Presión : 600 bares</p> <p>Flujo: 25 g/min</p>
<b>Parámetros óptimos</b>	
<b>Análisis de resultados</b>	<p>Dos variedades de melón de tres fracciones para extracción supercrítica de la composición de ácidos grasos y actividad antioxidante de aceites obteniéndose ácido linoleico, oleico, palmítico y esteárico. Ambas muestras presentaron una alta actividad antioxidante al reducirse la oxidación del <math>\beta</math> – caroteno y en la eliminación del radical 1,1-difenil-2-picrihidrazilo (DPPH). De la variedad C. reticulatus se obtuvo 30,4 % de extracción supercrítica y de la C. cantalupensis fue de 22,7 %</p> <p>El uso de la semilla de melón es un recurso vegetal que debe promoverse por su alto contenido de proteína y aceite, ya que es valioso para la alimentación humana. También puede usarse en la formulación de alimento para ganado o de larvas de insecto cultivadas en laboratorio. (Ramírez, 2016)</p>
<b>Valorización y usos</b>	<p>Los ácidos grasos presentes en el aceite de la semilla de melón están divididos en dos grandes grupos: los saturados, en 14 % (“en su estructura tienen enlaces simples y, al ser fuertes, no reaccionan y se acumulan en el organismo”); y ácidos insaturados, 86 % (“al tener doble enlace, reaccionan con facilidad y dan compuestos que no se acumulan en el organismo, sino que fluyen. Se consideran más saludables”). El valor de saponificación, capacidad que tiene el aceite de formar</p>

	jabón (Sierralta, 2013).
<b>Autor</b>	Romero <i>et al.</i> (2004) Se utilizó un método de extracción supercrítico, utilizando un método experimental. Planificación con métodos de extracción convencionales como hidrodestilación y soxhlet. Se utilizó dióxido de carbono como
<b>Materiales y métodos</b>	disolvente en el SFE y hexano para la extracción de soxhlet. Se aplicó un diseño rotativo compuesto central (CCRD) que varía tres presiones (100, 200 y 300 bares) y tres temperaturas (30, 40 y 50 ° C). El rendimiento usando soxhlet fue el más alto (2,39 %), seguido de SFE (0,43 %) e hidrodestilación con 0,26 %.
<b>Objetivo</b>	Extracción de aceite de albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) utilizando fluido supercrítico: análisis experimental y matemático. Para investigar el efecto de dos variables sobre el rendimiento de la masa extraída del extracto de albahaca, el cálculo de la ANOVA, a un nivel de significancia del 5 %.
<b>Modelo matemático</b>	Basado en los resultados de CCD 22, datos obtenidos con el coeficiente de regresión y la desviación estándar, con respecto a la variable respuesta para el rendimiento de Se encontró que estadísticamente, solo el promedio obtenido y la interacción entre las dos variables (X1 L y X2 L), presentaron valores considerables al nivel de significancia de 95 % (P <0.05). $e = e_{lim} \left( \frac{t}{b + 1} \right)$ parámetros:
<b>Fórmula</b>	$e_{lim}$ y b, donde “e” es el rendimiento expresado por la relación de la masa de aceite extraída en el tiempo t y la masa de la carga libre de soluto (g de extracto / g de carga libre de soluto) $e_{lim}$ es el rendimiento después de un tiempo de extracción

	<p>infinito y b es un parámetro que no tiene significado físico.</p> <p>Con el valor de <math>e_{ljm}</math>, conocido a partir de la extracción convencional por el método Soxhlet.</p>
<b>Parámetros óptimos</b>	<p>Los mejores rendimientos fueron 0,43 % a 33 ° C y 271 bares, 50 ° C y 200 bares y 40 ° C a 200 bares y el rendimiento más pequeño fue a 47 ° C y 271 bares (0,32 %)</p>
<b>Análisis de resultados</b>	<p>El CCRD demostró que para optimizar el proceso, es necesario elevar la temperatura y la presión para lograr mayores rendimientos. Se podría concluir que el modelo matemático representaba bien el proceso de extracción, haciendo que la ampliación sea una posible alternativa.</p> <p>El uso de aceites esenciales en la industria farmacéutica, fragancias y de sabores se ha incrementado considerablemente en las últimas décadas, por esta razón se investigan nuevos métodos de extracción y obtención de aceites que minimicen los costos energéticos, optimicen la pureza y calidad de dichos aceites y además, sean amigables con el medio ambiente. La</p>
<b>Valorización y usos</b>	<p>extracción con fluidos supercríticos, en la cual el fluido es llevado a condiciones de presión y temperatura superiores a la presión y temperatura crítica, puede alcanzar estas exigencias y proporcionar beneficios como: extractos libres de contaminantes biológicos, mayor rendimiento, ausencia del solvente en el extracto, mayor presencia de agentes activos, reciclaje del solvente, flexibilidad de las variables del proceso, equipos automatizados, etc. (Romero <i>et al.</i>, 2004).</p>
<b>Autor</b>	<p>Pantoja, <i>et al.</i> (2017)</p>
<b>Materiales y métodos</b>	<p>El material utilizado fueron las semillas de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> Sims.), que hacen parte de los residuos generados por una empresa procesadora de frutas. La semilla se separó de los restos de pulpa y se sometió a un proceso de secado a 60°C durante 8 horas o hasta obtener una humedad menor o igual al</p>

10 %. Previo a la extracción de aceite, las semillas se molieron en un molino de discos. La obtención de aceite de semillas de maracuyá se realizó mediante la tecnología de extracción con fluidos supercríticos, en un equipo Waters SFE 500 (USA), utilizando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al 99,9 % de pureza (Cryogas, Colombia) como solvente.

**Objetivo**

Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis Sims.*) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO<sub>2</sub> supercrítico

Se utilizó un diseño factorial de experimentos 2<sup>2</sup> con 4 repeticiones en el punto central, realizados por duplicado y de manera aleatoria, con algunas modificaciones, en la que se consideraron dos factores: presión y temperatura de extracción sobre la variable respuesta, el rendimiento del aceite extraído.

**Modelo matemático**

Se evaluaron rangos de presión entre 200 - 350 bares y temperaturas entre 40 - 60°C, durante 150 minutos de extracción y con un flujo constante de CO<sub>2</sub> de 30 g.min<sup>-1</sup>.

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo con ayuda del programa estadístico Statgraphics Centurion XV (2007), utilizando la técnica de análisis de varianza (Anova), con el fin de determinar el efecto de los factores presión y temperatura sobre el porcentaje de aceite extraído como variable de respuesta ( $p < 0,05$ ).

$$\text{Rendimiento (\% p/p)} = (pA / pS) \times 100$$

**Fórmula**

Ecuación 1

Dónde: pA: peso de aceite extraído (g); PS: peso total de semilla utilizada para cada extracción (g).

**Parámetros óptimos**

Las mejores condiciones de extracción fueron 350 bares y 60°C con un rendimiento de 16 %.

**Análisis de resultados**

La tecnología de extracción con fluidos supercríticos permitió obtener un aceite de maracuyá a partir de sus residuos

	agroindustriales (semillas) con un buen rendimiento y una calidad composicional de interés para la industria.
<b>Valorización y usos</b>	Según la caracterización fisicoquímica y composicional, el aceite de semillas de maracuyá proveniente del departamento de Nariño, cumple con parámetros de calidad permitidos por el Codex alimentarius y las normas técnicas colombianas para aceites de uso comestible o comercial; además, posee características antioxidantes.
<b>Autor</b>	Cornejo ( 2019)
<b>Materiales y métodos</b>	Se utilizaron las semillas de granada ( <i>Punica granatum</i> ), previamente lavadas y secadas a 35-40 °C por 8 horas, de los residuos generados de la industrialización de la granada para elaboración de zumo; utilizando sCCO <sub>2</sub> a temperaturas entre 40 y 60 ° C, y presiones entre 250 y 320 bar, con un caudal de CO <sub>2</sub> promedio de 80 ml/min y un tiempo de extracción total por tratamiento de 5 horas.
<b>Objetivo</b>	Extracción y caracterización de biocompuestos no polares presentes en subproductos de procesamiento de granada (variedad Wonderful),
<b>Modelo matemático</b>	Se usó un diseño experimental de rotación central compuesto con 2 ^ 2 + estrella o 2k para el análisis estadístico en el software MINITAB 18, con 13 tratamientos aleatorizados que se controlaron con la propuesta de estudiar el efecto de la temperatura y la presión durante la extracción supercrítica.
<b>Fórmula</b>	Ecuación de regresión en unidades no codificadas $Rendimiento (\%) = 28,55 - 0,863 Temperatura(^{\circ}C) + 0,0032 Tiempo(min) + 0,00910 Temperatura(^{\circ}C)Temperatura(^{\circ}C) - 0,000018Tiempo(min)Tiempo(min) + 0,000543 Temperatura(^{\circ}C)Tiempo(min)$
<b>Parámetros óptimos</b>	La presión tuvo un efecto significativo (p <0,05) sobre el rendimiento alcanzado, con el valor más alto del aceite en 19,53

%, obtenido a 320 bar y 60 °C a un flujo oscilante entre 30 mL/min y 1L/min; en comparación con el rendimiento de extracción Soxhlet en un 18,35 %.

El perfil de ácidos grasos, tocoferoles y esteroides se obtuvo con ácido púnicico como el ácido graso más abundante en el aceite de semilla de granada seguido de ácido esteárico y palmítico.

**Análisis de resultados** En menor medida, encontramos al ácido oleico, lignocérico, araquídico, caproico y linoleico. Para los tocoferoles, se encontraron gamma y beta tocoferol, gamma y beta sitosterol, estigmasterol y alfa tocoferol (vitamina E) como componentes en mayor proporción.

**Valorización y usos** El aceite de semillas de granada (*Punica granatum*) en uso cosmético regenera la capa superficial de la piel y reduce el efecto de la oxidación diaria, manteniendo hidratada la piel y evitando la aparición de manchas (Blog los usos de la granada, 2020). La composición en grasa y ácidos grasos de la semilla, no sólo nos ayuda a establecer relaciones quimiotaxonómicas entre las variedades estudiadas sino que también tienen un gran interés alimenticio y para la prevención de algunas enfermedades. (Mirmiran *et al.*, 2010).

**Autor** Toledo (2019)

**Materiales y métodos** Se utilizaron los residuos generados de la industrialización de la granada (*Punica granatum*) como cáscaras, semillas y membranas carpelares. El proceso de extracción de estos compuestos de interés, luego de pruebas preliminares usando SCCO<sub>2</sub> y etanol, determinó que el solvente etanol puro era más adecuado, aplicándose el principio de extracción con líquidos a alta presión

**Objetivo** Extracción y caracterización de biocompuestos polares

presentes en subproductos de procesamiento de granada, (*Punica granatum*), variedad Wonderful.

- Modelo matemático** Se utilizaron dos etapas, la primera con tratamientos para determinar la proporción del co solvente y la segunda etapa un diseño experimental factorial 2x5 teniendo dos factores: temperatura (Factor A) y Presión (Factor B). El estudio de las extracciones unitarias se realizó usando diferentes condiciones de temperatura (40 y 60 °C) y presión (20, 40, 60,80 y 100 bar).
- Fórmula** Rendimiento, Y (%)=15,470+ 0,141 X1+0,212 X2+ 0,00301 X1 X2 - 0,00244 X2<sup>2</sup> Donde, temperatura (X1) y presión (X2)
- Parámetros óptimos** El proceso de extracción de estos compuestos de interés, luego de pruebas preliminares usando sCCO<sub>2</sub> y etanol, determinó que el solvente etanol puro era más adecuado, aplicándose el principio de extracción con líquidos a alta presión, determinando como mejores condiciones de extracción 60 °C y 80 bares.
- Análisis de resultados** Se lograron caracterizar 19 compuestos bioactivos, de los cuales tres fueron identificados como Punicalagina alfa, punicalagina beta y ácido elágico, los cuales se reportaron como los de mayor extracción, siendo el total de biocompuestos extraídos de 13,58 %.
- Valorización y usos** Las punicalaginas, son los compuestos más importantes de la granada, debido a su contenido y a las propiedades funcionales que presenta (Carbonell-Barrachina *et al.*, 2012). De manera general, los extractos de granada, donde se incluyen la cáscara y membranas carpelares presentan un elevado contenido de fenoles solubles totales, flavonoides y elagitaninos, lo que conlleva a un incremento en la capacidad antioxidante de dichos productos (Rinaldi *et al.*, 2013) y así evitar la oxidación de sustancias que puedan provocar alteraciones fisiológicas y prevenir enfermedades causadas por el estrés oxidativo (Zamora, 2007)

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1. CONSUMO Y USO DE LA GRANADA**

La Agencia Agraria de noticias (agraria.pe) en su boletín de julio del año 2016, indicó que en la Provincia de Ite de Tacna, se emprendió con el cultivo de la granada *Wonderful* y para ello, se trajeron 5 000 plántones especiales desde Europa ya injertados y lograron producir en una parcela demostrativa en el año 2015 hasta 1 500 kilos de este fruto, aspirando llegar hasta los 20 000 kilos.

El diario Correo de Tacna, en su edición del 27 de marzo del 2018, informó que el alcalde de la Municipalidad de Ite, Adán Vargas Cárdenas, indicó que en la parcela demostrativa de una hectárea ubicada en dicha localidad se producirían 20 toneladas de granada y que se han sembrado otras 10 hectáreas. Así mismo, señaló que en el 2017, se exportó siete toneladas de granada de Ite a Rusia, por lo que la calidad estaba garantizada para volver a ofrecerla a los mercados internacionales.

Por otra parte, desde el portal del Ministerio de Agricultura y riego (2019), señaló que la granada se despuntaba como una de las nuevas y mayores oportunidades comerciales en el mercado externo, indicando que la producción pasó de 928 toneladas en el año 2000 a 46 382 t en el 2018. Señaló además, que las perspectivas de mercados serían los de Estados Unidos y Brasil, mientras que se venían negociando protocolos sanitarios con países como México, Israel, Corea y Japón, con los que se esperaba el crecimiento de la producción nacional. La masa exportadora de granada prioritariamente es en estado fresco, pero la nueva tendencia de exportación, es en forma procesada, como arilos, dándose un valor añadido al producto

natural. El precio de exportación de arilos a los Estados Unidos va desde los US\$ 9,54 a 9,91 por kilo, pero se está buscando lograr el desarrollo del segmento industrial para la producción de zumos y jugos. Señala el MINAGRI, que la principal región productora de granada es Ica (84,9 %), seguido de Arequipa, Lambayeque y Lima, con un aporte conjunto del 13,6 %. Las regiones de Ancash, Apurímac, La Libertad, Moquegua y Tacna por ahora solo aportan el 1,5 % de la producción nacional, siendo el consumo interno en estado fresco.

Normalmente, su consumo es en fresco o elaborar jugos. La granada puede acompañar postres o ensaladas. Se usa de forma desecada como condimento de diversos platos. La granadina, que es jarabe un derivado, es muy utilizado en coctelería y repostería (López *et al.*, 2010). Los arilos se utilizan generalmente para el consumo en fresco, jugo, mermeladas y jaleas de producción, y también para el desarrollo de extractos para ser usados como ingredientes en los preparados de hierbas medicinales y suplementos dietéticos. (Goula y Adamopoulos, 2012)

## **5.2. APLICACIÓN, UTILIDAD Y APROVECHAMIENTO DE LOS BIOCOPUESTOS EXTRAÍDOS EN LA GRANADA**

De acuerdo a los actividades de acondicionamiento de la materia prima, los residuos de granada provienen del proceso de elaboración de zumo de granada (*Punica granatum*) en las instalaciones del laboratorio de la Escuela de Ingeniería en Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Privada de Tacna, donde se utilizaron 56,42 kg de frutos de granada de la variedad Wonderful, donadas por la Municipalidad del distrito de Ite, luego de separar las cáscaras y membranas carpelares de los arilos se procedió a prensarlos para la obtención del zumo. El residuo generado fue de 33,04 kg (cáscaras, membranas carpelares y semillas), que representan aproximadamente el 58,5 %.

Los polifenoles, son antioxidantes de gran interés en la dieta humana entre los 50 y 800 mg/día (Collado, 2011). Los taninos hidrolizables, polifenoles de alto peso molecular presentes mayormente en la cáscara, como las punicalaginas, son los compuestos más importantes de la granada, debido a su contenido y a las propiedades funcionales que presenta (Carbonell *et al.*, 2012). De manera general, los extractos de granada, donde se incluyen la cáscara y membranas carpelares presentan un elevado contenido de fenoles solubles totales, flavonoides y elagitaninos, lo que conlleva a un incremento en la capacidad antioxidante de dichos productos. (Rinaldi *et al.*, 2013)

Buenrostro *et al.*, 2017, indicaron que en el procesamiento de jugo de granada y dependiendo de las variedades, se generaban residuos cuyo 78 % correspondía a las cáscaras, las membranas carpelares y la corteza representan el 25 - 60 % del peso del fruto, siendo una fuente de compuestos bioactivos tales como los compuestos fenólicos. También se encuentran flavonoides, elagitaninos y proantocianidinas. (Li *et al.*, 2006)

La granada es una fruta rica en polifenoles y minerales, destacando el potasio, fósforo, manganeso, calcio, hierro y magnesio; asimismo, contiene vitaminas C, B1 y B2 y significativas cantidades de antioxidantes que se concentran en un 70 % en la cáscara y membranas de la fruta. Además, su alta resistencia a plagas hace que este cultivo no necesite tantas fumigaciones por campaña, haciéndolo un cultivo más amigable con el medio ambiente y más atractivo económicamente (Bustamante, 2019). Por otra parte, al adecuar una materia orgánica producto de una actividad agroindustrial determinada sin beneficio aparente en dicho proceso, se genera valor agregado, pues se parte de materias primas de valor bajo y se transforman en productos de mayor valor, muchas veces mediante transformaciones sencillas y de poca inversión. Asimismo, se disminuye el estrés ambiental al reducir la disposición impropia de materia orgánica que al descomponerse sin los procesos adecuados y en lugares indebidos genera problemas de polución. (Grande, 2016)

### 5.3. METODOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN Y SU COMPORTAMIENTO CON EL MEDIO AMBIENTE

Si bien es cierto que existen una gran cantidad de metodologías que sirven para la extracción de biocompuestos de materiales orgánicos resultados de procesos agroindustriales, el método utilizando fluidos supercríticos está considerado como un método limpio, ambientalmente hablando.

Un fluido supercrítico es cualquier sustancia a una temperatura y presión por encima de su punto crítico termodinámico. Tiene la propiedad de difundirse a través de los sólidos como un gas, y de disolver los materiales como un líquido. Adicionalmente, puede cambiar rápidamente la densidad con pequeños cambios en la temperatura o presión. Estas propiedades lo hacen conveniente como un sustituto de los solventes orgánicos en los procesos de extracción (Velasco *et al.*, 2007). El CO<sub>2</sub> es el fluido supercrítico más utilizado debido a que es no tóxico, no inflamable, no corrosivo, incoloro, no es costoso, se elimina fácilmente, no deja residuos, sus condiciones críticas son relativamente fáciles de alcanzar y se consigue con diferentes grados de pureza, se puede trabajar a baja temperatura y por tanto, se pueden separar compuestos termolábiles, se puede obtener a partir de procesos de fermentación alcohólica y ayuda a prevenir la degradación térmica de ciertos componentes químicos del alimento cuando son extraídos. (Brunner, 2005)

Debido a la preocupación por el medio ambiente, la extracción con fluidos supercríticos muestra excelentes oportunidades para lograr los objetivos claves de la “química verde”. Este término se refiere al diseño de productos y procesos químicos que reducen o eliminan el uso o producción de sustancias peligrosas para el medio ambiente. Esta metodología cumple varios objetivos, como la disminución del uso de disolventes y que éstos sean lo más inocuos posible (Sierra *et al.*, 2014), los cuales se ven resumidos en el anterior cuadro 1 (p.35 - 52).

#### **5.4. VALORACIÓN DEL MATERIAL RESIDUAL DE LA EXTRACCIÓN SUPERCRÍTICA DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE LA GRANADA**

Como todo material orgánico residual y mediante el uso de metodologías de extracción y recuperación de biocompuestos, podemos llegar a valorizar residuos para el mejor aprovechamiento de éstos y la disposición final de los mismos con proyección de un manejo ambientalmente eficiente. En tal sentido, la aplicación de la fluidos supercríticos es considerada como una de las metodologías mas ecoeficientes, puesto que luego del aprovechamiento de las mismas, los residuos sobrantes contienen aun biocomponentes que no pudieron extraerse, lo que hace que estos desechos puedan ser derivados a la composición de alimentos tanto para humanos como para animales, aportando los nutrientes necesarios durante su consumo. (Martínez y Ceballos, 2012)

Por otro lado el material lignocelulósico sobrante puede ser aprovechado para la elaboración de empaques biodegradables (Guerrero, 2018) que ahora son de mucha importancia y aceptación, además de ser ambientalmente amigables. Y después de todo, al ser una metodología limpia, se puede proceder a todos los tratamientos convencionales para el aprovechamiento de los residuos como el compostaje, lombricultura, obtención de biodiesel, pirólisis, etc. sin un tratamiento previo de separación de solventes, como es en otros casos utilizados. (Aggelopoulos *et al.*, 2014)

La valoración de los biocomponentes obtenidos para su uso en distintas industrias también da paso a la valoración de los mismos ambientalmente, y en estos tiempos, se busca lograr la educación de residuo “cero” como una meta eficiente y visionaria para evitar generar residuos (Salinas, 2019); y así mismo para la obtención de sustancias generalmente reconocidas como seguras (GRAS) (MINCETUR, 2018), lo que se consigue con el uso de tecnología supercrítica.

## **5.5. IMPACTO AMBIENTAL DEL MATERIAL RESIDUAL DE LA METODOLOGÍA SUPERCRÍTICA**

Los efectos de las actividades humanas sobre el ambiente deben ser caracterizados a través de la importancia del impacto. Conesa (2011), indicó que la importancia se mide “en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, responde a su vez, a una serie de atributos de tipo cualitativo tales como extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad”.

Los residuos casi en su mayoría son llevados directamente al botadero municipal, sin considerar la posibilidad de diferentes alternativas para aprovechar el valor económico que puede obtenerse de ellos, salvo algunos plásticos, que están siendo reciclados. Los gastos de su disposición y el impacto ambiental podrían reducirse si se implementan diferentes técnicas de valorización. Es apropiado pensar en el aprovechamiento total de cada una de estas técnicas en el momento de emplearlas, como es el caso del compostaje en el que se podría “capturar” el gas producido (metano) para la generación de energía. (Yepes, 2008)

Los residuos generados por las empresas procesadoras de frutas no son adecuados para el tratamiento térmico, debido a su alto contenido de humedad y al bajo poder calorífico. Sólo podrían montarse plantas de valorización de residuos con capacidades de procesamiento (Casas y Sandoval, 2014). En el ámbito de estudio, los residuos orgánicos son bastante utilizados para la alimentación de porcinos, lo que en parte ayuda a la disminución de la contaminación con este tipo de residuos.

Otro impacto importante que suele generarse por la mala gestión de los desechos sólidos, es la modificación del paisaje, ya que se ve alterado el entorno físico con la vegetación y el agua, modificándose negativamente las

características visuales y disminuyendo así, el atractivo paisajístico y la aptitud para el recreo de la zona, además de ser factible provocar alteraciones en la salud de las poblaciones cercanas (Chávez, 2018)

## CAPÍTULO VI

### DISCUSIÓN

Respecto al consumo de la granada, se acota que las semillas de la granada (*Punica granatum*), contienen ácidos grasos como linolénico, linoléico y araquidónico, en cantidades que varían entre 37 y 143 g/kg de fruto (Melgarejo *et al.*, 1995), esta composición en aceites y ácidos grasos de la semilla son utilizadas en la industria de alimentos y para la prevención de algunas enfermedades. Así mismo, las hojas y el tallo se utilizan para tratamientos antidisentéricos, la pulpa y el pericarpio como antidisentéricos y antidiarreicos, la raíz como astringente y antihelmíntico. (Osuna *et al.*, 2005)

Además del consumo en fresco, existe una gran parte de la cosecha que no posee suficiente calidad visual como para ser destinada al consumo en fresco, ya que su aceptación por parte del consumidor sería muy baja. Para esta porción de la cosecha que no es aprovechable para el consumo en fresco, es necesario buscar una alternativa comercial en forma de uso industrial: zumos, arilos en IV gama y deshidratados, mermeladas, licores fermentados y no fermentados, vinagres, productos nutracéuticos elaborados a partir del extracto de sus cáscaras, membranas carpelares y semillas, condimento alimentario, cosméticos como cremas, aceites, geles, entre otros. (Calín y Carbonell, 2011)

Respecto a la aplicación y aprovechamiento de los biocompuestos extraídos de la granada, en los resultados de la tesis de pregrado de Cornejo (2019), denominada “Aprovechamiento de semillas de granada (*Punica granatum*), variedad Wonderful para la extracción de biocompuestos mediante la aplicación de CO<sub>2</sub> supercrítico”, se obtuvieron como resultado 19,53 % de aceites (ácidos grasos, tocoferoles y esteroides), siendo el ácido púnico, el más abundante, seguido del ácido esteárico y palmítico. Pero también se obtuvieron

en menor cantidad ácido oleico, lignocérico, araquídico, caproico y linoléico. Para los tocoferoles, se encontraron gamma y beta-tocoferol, gamma y beta-sitosterol, estigmasterol y alfa-tocoferol (Vitamina E). Todos estos compuestos bioactivos de naturaleza lipídica tienen posibles actividades fisiológicas beneficiosas y de interés por su uso en la nutrición humana, debido a sus propiedades nutricionales y medicinales que también ha sido investigado como ingrediente funcional en la industria alimentaria (Cam *et al.*, 2013). Li *et al.*, (2006) señalaron, que las semillas son fuente de lípidos entre el 12-20 % del peso total de la semilla, si bien estas cantidades varían de acuerdo a la variedad de la fruta, al contrastar con los resultados obtenidos por Cornejo (2019) muestran a la extracción supercrítica como un proceso con adecuado rendimiento de extracción.

Asimismo, en la tesis de pregrado de Toledo (2020), denominada “Aprovechamiento de los residuos de la granada (*Punica granatum*) variedad Wonderful, para la obtención de compuestos bioactivos mediante la aplicación de tecnologías limpias”, se lograron obtener 19 compuestos bioactivos, de los cuales tres fueron identificados como Punicalagina alfa, punicalagina beta y ácido elágico, los cuales se reportaron como los de mayor extracción, siendo el total de biocompuestos extraídos de 13,58 %. El proceso de extracción de estos compuestos de interés, luego de pruebas preliminares usando sCCO<sub>2</sub> y etanol, determinó que el solvente etanol puro era más adecuado, aplicándose el principio de extracción con líquidos a alta presión, determinando como mejores condiciones de extracción 60 °C y 80 bares.

En lo que concierne a las metodologías de extracción y su comportamiento con el medio ambiente, las materias primas agroindustriales poseen biocompuestos de interés, que pueden ser de naturaleza polar o apolar como hemos podido observar en los resultados de las tesis de pregrado citadas. El CO<sub>2</sub> en estado supercrítico brinda excelentes resultados de extracción para sustancias de naturaleza lipídica (apolar); asimismo, la tecnología supercrítica se extiende al uso de CO<sub>2</sub> y co solventes como también

al uso de líquidos presurizados cuando las sustancias de interés presentan naturaleza marcadamente polar. (Pereira y Meireles, 2010)

En lo que atañe a la valoración del material residual de la extracción supercrítica de los residuos agroindustriales de la granada, Alcázar-Alay y Meireles (2015), señalan que el mismo proceso de extracción supercrítica donde se aplican temperaturas y presiones se produce la modificación de los polímeros presentes, especialmente los almidones; lo que resulta provechosa esta modificación física dando como resultado harinas no convencionales que pueden reinsertarse a la cadena productiva tanto alimentaria como no alimentaria.

En cuanto al impacto ambiental del material residual de la metodología supercrítica, es necesario ejecutar los procedimientos operativos para el manejo de residuos señalados en el marco legal ambiental de nuestro país (Decreto legislativo N° 1278, Ley de Gestión integral de residuos sólidos, 2017), para de esta manera, evaluar los impactos con las respectivas medidas a tomar y lograr minimizar y aprovechar los residuos generados, principalmente los orgánicos, que como se ha visto, poseen biocompuestos de gran valor industrial.

Se subraya, que con los resultados de la aplicación de este método de extracción supercrítico, se ha logrado determinar que es un proceso realmente inofensivo con la naturaleza, de tal modo, que los residuos expuestos al CO<sub>2</sub>, no necesitan tratamientos posteriores para su eliminación; con lo cual, los residuos tratados o co-productos, pueden bien ser utilizados en los métodos convencionales de reuso y/o transformación de materiales orgánicos (compostaje, biogás, potencial energético, alimento para animales, etc.) sin perjudicar los espacios donde sean tratados y posteriormente depositados o utilizados

## CONCLUSIONES

1. La permanente generación de residuos a partir de procesamiento de la agroindustria pueden traer como consecuencia impactos tanto negativos como positivos en el ambiente dependiendo del punto de vista desde el cual se observe o maneje el asunto. Si la gestión es inadecuada generarán contaminación, pero si aprovechamos y valorizamos estos residuos se pueden convertir en agentes mejoradores de la calidad del ambiente, y por ende, de la vida de los seres vivos, y grandes resultados a las industrias que se destinen.
2. La extracción con fluidos supercríticos, proporcionan beneficios como la obtención de biocompuestos libres de contaminantes biológicos, mayor rendimiento, ausencia del solvente en el extracto, mayor presencia de agentes activos, reciclaje del solvente, flexibilidad de las variables del proceso, equipos automatizados, etc. Para los casos analizados, mayoritariamente se utilizaron temperaturas de 60 °C y presión de 320 bares, de esta forma se obtuvieron los biocompuestos en las mejores condiciones y porcentajes de extracción.
3. El proceso de extracción supercrítica es un método de extracción muy eficiente para la obtención de biocompuestos como los compuestos fenólicos comparado con otros como lecho agitado o soxhlet; en los resultados de las tesis de pregrado del grupo de investigación fueron punicalaginas alfa y beta, taninos y ácido elágico, todos ellos polifenoles antioxidantes. También se extrajeron ácidos grasos (púnico, esteárico y palmítico) y en menores cantidades el ácido oleico, araquídico, lignocérico, caproico y linoleico. Además, se pudo extraer alfa tocoferol.
4. Los solventes usados en la Tecnología supercrítica, tanto de interés para extracción de componentes polares como no polares, son reconocidos

como seguros; que además requieren, de ser el caso, una menor energía para evaporarlos y separarlos del extracto.

5. La valoración y aplicación de estos biocompuestos extraídos bajo la tecnología supercrítica con CO<sub>2</sub>, y de acuerdo a la bibliografía consultada deja en claro que éstos son antioxidantes muy buenos para la salud del ser humano y que se encuentran en mayor porcentaje en las cáscaras que en la parte comestible de la granada. Siendo así el caso del alfa tocoferol de alto valor nutritivo y que aporta la energía necesaria y a su vez es un excelente recurso para la producción de alimentos y su industrialización en productos derivados.
6. Los ácidos grasos extraídos son esenciales para el organismo y son una fuente natural de aceite de consumo doméstico, industrial, cosmético y medicinal. Por otro lado, la industria cosmética presenta interés en los aceites con un alto contenido de ácidos grasos insaturados, como el oleico, para su uso cosmético en cremas hidratantes.
7. La completa separación del disolvente supercrítico de los residuos sobrantes o co productos extraídos de la granada hace posible utilizarlos como abono sin ninguna presencia del disolvente CO<sub>2</sub> ya que la propia técnica evita tener que destilar para eliminarlo y con ello no se genera un impacto ambiental, así mismo estos residuos pueden ser utilizados para tratamientos habituales de los residuos orgánicos (compostaje, vermicompostaje, biogás, etc.). La materia orgánica sobrante del sector agroindustrial suele usarse en una parte para la obtención de nuevas fuentes de energía renovable (energía eléctrica, térmica y combustible) de modo tal que se disminuye la dependencia que hay hacia el petróleo y sus derivados.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda el uso de tecnologías limpias que con ayuda de educación ambiental se llegue a concientizar a los actores de la generación de residuos hasta llegar al “residuo cero”, es importante, entonces, concienciar al Gobierno y a la empresa privada para que apoyen las investigaciones en este campo y crear programas de formación en estas tecnologías y en su valorización.
2. A los investigadores, se sugiere realizar estudios para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales con el fin de obtener otros productos con el uso de enzimas u otras metodologías que tengan un manejo ambiental adecuado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aggelopoulos T, Katsieris K, Bekatorou A. (2014). Solid state fermentation of food waste mixtures for single cell protein, aroma volatiles and fat production. In: Food chemistry, 145, pp. 710-716.

Agencia Agraria de Noticias, agraria.pe (2016). Ite: El distrito donde la quinua no funcionó, pero la granada sí. 26 de julio 2016. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/ite-el-distrito-donde-la-quinua-no-funciono-11656>

Agraria.Pe (2020) Portal de negocios agrarios; publicación del 22 de junio del 2020. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/exportaciones-de-granada-cayeron-18-en-volumen-en-la-campana-21814>

Alayón A, Echeverri I. (2016). Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Hneeo): ¿Una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo. *Revista chilena de nutrición versión on - line* ISSN 0717 – 7518. Rev. Chil. Nutr. Vol.43 no.2 Santiago jun.2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000200009>

Alcázar-Alay S C y Meireles M. A. A. (2015). Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food, science and Technology (Campinas)* vol. 35. Nº2 Campinas April/June 2015. Print version ISSN0101-2061, on-line version ISSN 1678-457X.

Alcázar-Alay S C, Osorio-Tobón J F, Forster-Carneiro T, Steel C J, Meireles M A (2017). Polymer modification from semi-defatted annatto seeds using

hot pressurized water and supercritical CO<sub>2</sub>, *The Journal of Supercritical fluids*, volume 129, November 2017, pages 48-55. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.12.011>

Alzate M, Jiménez C Y Londoño J (2011). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas. *Producción más limpia*, 6 (1): 108-127.

Asociacion De Empresas De Energias Renovables. (APPA) (2012). Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España. Madrid, 2012. Disponible en: [www.appa.es](http://www.appa.es) , [appa@appa.es](mailto:appa@appa.es)

Ascacio-Valdés J A, Aguilera-Carbó A, Rodríguez-Herrera R, Aguilar-González C (2013). Análisis de ácido elágico en algunas plantas del semidesierto Mexicano. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*. Vol. 44 N° 2 México abr. /jun. 2013. Versión impresa ISSN 1870-0195

BARRIGA M (2018). Actividad antioxidante y antifúngica de compuestos fenólicos de la semilla de uva quebranta, recuperados del residuo sólido del procesamiento de pisco. Tesis para optar el grado académico de Doctora en ciencias ambientales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos pp 87 - 88. Disponible en: [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/9847/Barriga\\_sm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/9847/Barriga_sm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Barriga-Sánchez M, Churata Huanca A, Tinoco Gómez O (2018). Optimización del rendimiento de la extracción de aceite de semillas de vitis vinífera con CO<sub>2</sub> supercrítico. *Revista de la sociedad química del Perú*. Abr-Jun 2018, Vol. 84 Issue 2, p217-227. 11p.

Blanco Muñoz M A, Molero Gómez A, Martínez De La Ossa E (1999). *Optimización del proceso de extracción de tocoferol de germen de trigo*

*con dióxido de carbono líquido y supercrítico*. Universidad de Cádiz .  
Grasas y Aceites Vol. 50. Fasc. 4 (1999), 275-279

Bonmatí A. (2008). Gestión y tratamiento de residuos sólidos urbanos. In: Andrés, P. y Rodríguez, R. (Eds). Evaluación y prevención de riesgos ambientales en Centroamérica. ISBN: 978-84-96742-37-6. Documento universitario. Girona, España.

Brunner G (2005). Gas extraction: an introduction to fundamentals of supercritical fluids and the application to separation processes (Vol. 4). Springer Science y Business Media. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=GIfnCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&ots=ywibmK6Gsw&sig=QV8uOysfGh2wTuynHFgWT5JsWvo#v=onepage&q&f=false>

Buenrostro J, Sepúlveda L, Ascacio J, Aguilar C, Huerta S, Prado A. (2017). *Cáscara de granada como soporte para la producción de pectinasas*. Departamento de Biotecnología de la Universidad autónoma Metropolitana, Saltillo, Coahuila.

Bustamente-Recavarren G. (2019). *Evaluación de la producción de Granada, Punicata granatum L. en el valle de Chincha como alternativa rentable y sostenible*. Trabajo de investigación de máster en agronegocios. Universidad de Piura. Facultad de ingeniería. Piura. Repositorio institucional Pirhua. MAS\_AGRO\_1901.pdf

Calín A. y Carbonell A. (2011). *La fruta granada cultivada en España*. Universidad Miguel Hernández. Disponible en: <http://www.besana.es/sites/default/files/zumodegranada.pdf>

Cam M, Erdogan F, Aslan D. (2013). Enrichment of functional properties of ice cream with pomegranate by-products. *J Food Sci.*, 78, 1543-50

Carbonell-Barrachina A, Calín-Sánchez A, Hernández F, Vázquez-Araujo L, Legua P, Melgarejo P (2012). *Sensory quality of pomegranate products*. In: Melgarejo P. (ed.), Valero D. (ed.) II International Symposium on the Pomegranate. Zaragoza: CIHEAM/Universidad Miguel Hernández. 2012. Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 103. Pages 251 – 254. Disponible en: <http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=6963>

Casas Godoy L y Sandoval Fabián G C (2014). Enzimas en la valorización de residuos agroindustriales. *Artículo de la revista digita universitaria*. 1 de diciembre de 2014. Vol 15. Núm. 12. ISSN 1607 – 6079. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num12/art95/>

Chaparro, M C (2011). *Obtención de aceite a partir de los residuos del Chontaduro*. Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Químico. Universidad Del Valle Facultad De Ingeniería Escuela De Ingeniería Química Santiago De Cali. Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4147/4/CB-0460504.pdf>

Chaves E y Esquivel P (2019). Ácidos clorogénicos presentes en el café: capacidad antimicrobiana y antioxidante. *Agron. Mesoam*. 30(1): 299-311. Enero-Abril, 2019. ISSN 2215-3608, DOI: 10.15517/am.v30il.32974. Disponible en: <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>

Chávez M, (2018) *Impacto ambiental generado por el botadero de residuos sólidos en el caserío Rambran, Distrito de Chota 2017*. Facultad de Ingeniería ambiental de la Universidad César Vallejo. Repositorio digital institucional.

Collado J (2011). *Identificación de los Polifenoles en jugos de frutas rojas*. Proyecto fin de Máster de la Universidad Politécnica de Cartagena,

Colombia. Disponible en:  
<https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/2015/tfm86.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Conesa V (2011). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid/México, 2011, 4ª edición revisada y ampliada.

Cornejo Figueroa, M. (2019) *Aprovechamiento de semillas de granada (Punica granatum), variedad Wonderful para la extracción de biocompuestos mediante la aplicación de CO<sub>2</sub> supercrítico*. Tesis para optar el título de Ingeniero agroindustrial de la Universidad Privada de Tacna.

Cuéllar O, Guerrero G (2012). Actividad antibacteriana de la cáscara de cacao, *Theobroma cacao* L. *Revista MVZ Córdoba* Volumen 17(3):3176-3183, Setiembre – Diciembre 2012.

De La Cruz R, Aguilera-Carbó A, Prado-Barragán A, Rodríguez-Herrera R, Contreras-Esquivel J, Aguilar C (2011). Biodegradación microbiana de Elagitaninos. *Biotecnología*; 15(3): 11-18.

Decreto Legislativo N° 1278 Ley de gestión integral de Residuos sólidos (2017). Perú.

Department of Agriculture of United States (USDA) (2019). *Basic Report 09286, Pomegranates, raw*. Disponible en <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2359?manu=&fgcd=>

Diario Correo de Tacna (2018). *Ite producirá 20 toneladas de granada por cada hectárea*. Actualizado el 27 de marzo del 2018. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/edicion/tacna/ite-producira-20-toneladas-de-granada-por-cada-hectarea-810247/>

Dirección Regional de Agricultura Tacna (2018). *Dirección de estadística agraria Anuario estadístico agrícola*, Disponible en: [agritacna.gob.pe/gestores/estadística/of\\_ol\\_estadidet\\_c/archivos/8429295217\\_4769312002.pdf](http://agritacna.gob.pe/gestores/estadística/of_ol_estadidet_c/archivos/8429295217_4769312002.pdf)

Dorado D J, Hurtado A M, Martínez-Correa H A (2017). Extracción supercrítica de aceite de semillas de papaya (Carga papaya): Composición y propiedades fisicoquímicas. *Vitae, Revista de la Facultad de ciencias farmacéuticas y alimentarias*. ISSN 0121-4004/ISSNe 2145-2660. Volumen 24-2 (Supl.2), año 2017, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia págs. 35-45.

ELIKA (Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria) (2009). *Fichas de sustancias indeseables en la alimentación animal: Teobromina*. Pág. 7. Disponible en: [http://www.elika.net/datos/pdfs\\_agrupados/Documento45/teobromina%20web.pdf](http://www.elika.net/datos/pdfs_agrupados/Documento45/teobromina%20web.pdf)

Esquivel A, Vargas P (2007). Uso de aceites esenciales extraídos por medio de fluidos supercríticos para la elaboración de alimentos funcionales. *Tecnología en Marcha*, ISSN 0379-3962, ISSN-e 2215-3241, Vol. 20, N°. 4, 2007.

Farías Campomanes Angela M, Rostagno Mauricio A, Coaquira Quispe Joel J, Meireles Angela A (2015). Extracción supercrítica de compuestos fenólicos a partir de lías obtenidas de los residuos de Pisco. *Bioresour. Bioprocess*. 2, 45 (2015). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40643-015-0073-5>

FARMACIA.BIO (2020). Blog eco *Medicina natural*. *Germen de trigo* [www.farmacia.bio](http://www.farmacia.bio)

- Fernández Mayer A (2014). *Transformación de subproductos y residuos de agroindustria de cultivos templados, subtropicales y tropicales en carne y leche bovina*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro regional Buenos Aires Sur Estación experimental agropecuaria Bordenave. Boletín Técnico N°20 ISSN 0327 - 8549
- Fernández-Trujillo J P (2008). Extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico de oleoresina y otras fracciones de pimentón dulce y picante. Universidad Politécnica de Cartagena. GRASAS Y ACEITES, 59 (1), ENERO-MARZO, 7-15, 2008, ISSN: 0017-3495 Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2525209>
- Franck N (2009). *Producción y manejo de plantaciones de granado en Chile, Israel y Argentina*, pp 28 – 35. In: Granados, perspectivas y oportunidades de un negocio emergente. Fundación Chile. Agosto.
- Galanakis C M (2012). Emerging technologies for the production of nutraceuticals from agricultural by products: A viewpoint of opportunities and challenges. *Food and bioproducts processing* 2013, vol.91, num 4, pp 575-579
- Gallego L C Y Cardona C A (2004). *Aplicaciones industriales de los fluidos supercríticos (I) Generalidades y procesos de extracción*. Ingeniería química págs. 144-152 ISSN 0210-2064, N° 411, 2004.
- García-Torres R, Rios-Leal E, Martínez-Toledo A, Ramos-Morales F, Crus-Sanchez J, Cuevas-Díaz M (2011). Uso de la cachaza y bagazo de caña de azúcar en la remoción de hidrocarburos en el suelo contaminado. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27 (1) 31 – 39, 2011.
- Garmendia A, Salvador A, Crespo C y Garmendia L (2005). *Evaluación de Impacto ambiental*. Pearson Education S.A., Madrid, 2005. ISBN: 84-205-4398-5.

- Gómez Orea D (1994). *Evaluación de Impacto ambiental*. Editorial Agrícola española S.A. Madrid.
- González-Alejo A, Barajas-Fernández J, García-Alamilla P (2019). Extracción de compuestos solubles de la cascavilla de cacao con CO<sub>2</sub> supercrítico. Caso de metilxantinas y grasa. *Revista Ciencia UAT*. Jan-Jun 2019, Vol 13 Issue 2 p128-140.
- Goula A M, Adamopoulos K G (2012). A method for pomegranate seed application in food industries: Seed oil encapsulation. *Food and Bioproducts Processing* 90 (2012) 639-652.
- Grande Tovar C D (2016). *Valoración biotecnológica de residuos agrícolas y agroindustriales*. Universidad de San Buenaventura, Cali: Editorial Bonaventuriana, 2016. 180 p. ISBN:978-958-8785-81-3
- Guerrero C, Cardona L, Quiceno J, Londoño C. (2013). *Aplicaciones del Gas carbónico supercrítico en la industria*. Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA. InnoViTech, Ríonegro, Antioquia, Colombia. Disponible en: <http://asgainnovation.com/wp-content/uploads/Publicaciones/InnoViTech%20%20CO2%20supercr%C3%ADtico.pdf>
- Guerrero L (2018) *Extracción de aromas de cacao por fluidos supercríticos y su incorporación en una película para su usos en alimentos*. Tesis de maestría en Ciencias agropecuarias y biotecnología. Centro de Investigación y asistencia en tecnología y diseño del Estado de Jalisco A.C. México.
- Hernández Durán Y, Casas Cardoso L, Mantell Serrano C, Rodríguez Rodríguez M, Casdelo Gutierrez N, Martínez De La Ossa E (2010). Extracción supercrítica de aceite de cachaza. *Centro Azúcar* 37 (1); 120-128, enero-marzo, 2010.

Hernández M L, Guzman B (2009). Biopolímeros empleados para la fabricación de envases para alimentos. Revista Publicaciones e Investigación. ISSN: 1900-6608. Vol. 3 No. 1

Instituto Nacional De Defensa De La Competencia Y De La Protección De La Propiedad Intelectual - INDECOPI – Comisión nacional contra la Biopiratería (2018). Tema: Sancha Inchi. Año 4, N° 7, julio 2018. Pág. 5, 7. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/2291514/Boletin+N%C2%B0+7+-+Sacha+inchi.pdf/dd949728-fe4b-6bcc-1130-b09261758790>

Irusta R, García N, Núñez Y y Nieto M (2006). Análisis del ciclo de vida comparativo del tratamiento de residuos urbanos. Residuos: revista técnica, 96 pp 28 -36

Kalvatchev Z, Garzaro D, Guerra F (1998). Theobroma cacao L.: un Nuevo enfoque para nutrición y salud. Agroalimentaria N° 6, Junio, 1998. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3233588>

Kiran E, Debenedetti P G, And Peters C J (Eds.) (2012). Supercritical fluids: fundamentals and applications (Vol. 366). Springer Science y Business Media. DOI 10.1007/978-94-011-3929-8

Koundoras S, Kanakis I, Drossou E, Kallithraka S (2013). Effects of postverasion water regime on the phenolic composition of grapes and wines of CV. Agiorgitiko (Vitis Vinifera L.) Journal international des sciences de la vigne et du vin 47(2):115-128 April 2013 DOI: 10.20870/oenone.2013.47.2.1542

León J, Abreu L, Matiauda M, Miño J (2016). Diseño de una planta de obtención de biodiesel a partir de un residual de la industria azucarera

(Cachaza) Vol 43, Enero – Marzo, 2016. ISSN: 2223-4861. Disponible en:  
<http://centrozucar.qf.uclv.edu.cu>

Li Y, Guo C, Yang J, Wei J, Xu J, Cheng S (2006). Evaluation of antioxidants properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food chemistry* 96(2), 254-260.

López-Mejía O A, López-Malo A, Palou E (2010). Granada (*Punica granatum L.*): una fuente de antioxidantes de interés actual. Departamento de Ingeniería química, alimentos y ambiental. Universidad de las Américas, Puebla, México. *Temas selectos de ingeniería de alimentos* 4 – 1 (2010): 64 – 73.

Martínez C M, Ceballos C A (2012). Determinación de actividad antioxidante en semillas de uva isabella (*Vitis labrusca*) extraída con dióxido de carbono supercrítico. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Alimentos. Santiago de Cali-Valle de Cauca. Septiembre – 2012. Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero de Alimentos. Disponible en:  
[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/57367908/CB-0470332.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DDeterminacion\\_de\\_actividades\\_antioxidant.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200311%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4\\_request&X-Amz-Date=20200311T064258Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=d8735e8ac0d87ecffb3c471330cc7753fa8471d057bc73653cf12d1dc33d1a9c](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/57367908/CB-0470332.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DDeterminacion_de_actividades_antioxidant.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200311%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200311T064258Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=d8735e8ac0d87ecffb3c471330cc7753fa8471d057bc73653cf12d1dc33d1a9c)

Matheus J, Perdomo C, Rosales M (2004). Manejo de los desechos orgánicos y sus aprovechamiento en la agricultura. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.*, 48:200-203.

- Maznah Ismael, Abdalbasit Mariod, Gurujah Bagalkotkar, Hoe Sy Ling (2010). Fatty acid composition and antioxidant activity of oils from two cultivars of Cantaloupe extracted by supercritical fluid extraction. *Grasas y aceites* 61 (1), enero- marzo, 37-44,2010 ISSN: 0017-3495 doi: 10.3989/gya.053909
- Melgarejo P, Salazar D M, Amorós A (1995). *Total Lipids Content and Fatty Acid Composition of seed oils from six pomegrante cultivars. Department of vegetable Crop. Polytechnical University of Valencia, EUITA Ctra. De Beniel Km 32, 03300 Orihuela, Alicante, Spain. J Sci Food Agric* 1995, 69, 253-256.
- Melgarejo-Moreno P, Hernández-García F, Legua- Murcia P (2012). *El granado*. Departamento de producción vegetal y Microbiología, Escuela politécnica superior de Orihuela, Universidad Miguel Hernández de Elche. Publicado por SPE3, S.L. (Valencia) España. Disponible en: <http://dpvm.umh.es/docs/publicaciones/i%20jornadas%20nacionales%20sobre%20el%20granado.pdf>
- Mendiola J A (2008) *Extracción de compuestos bioactivos de microalgas mediante fluidos supercríticos*. Tesis doctoral. Universidad autónoma de Madrid.
- Ministerio De Agricultura Y Riego (Minagri) Viceministerio De Políticas Agrarias Dirección General De Políticas Agrarias – DGPA, (2019). *La granada: Nueva estrella de las agroexportaciones peruanas*.
- Ministerio Del Ambiente - Ley De Gestion Integral de Residuos Sólidos. Decreto Supremo N° 014 – 2017 – MINAM, Decreto legislativo N° 1278.
- Ministerio De Comercio Exterior Y Turismo – MINCETUR (2018). *Guía para el reconocimiento de una sustancia GRAS en Estados Unidos*. 1ª edición –

Julio 2018. Depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2018-09638. Mavet impresiones E.I.R.L.

Ministerio de Salud. *Ley general de salud N° 26842*. Disponible en: <http://www.essalud.gob.pe/transparencia/pdf/publicacion/ley26842.pdf>

Molero Gómez A, Gordillo Romero M D, Martínez De La Ossa E (1997). *Caracterización del aceite de germen de trigo extraído con dióxido de carbono líquido y supercrítico*. Universidad de Cádiz – España. *Grasas y Aceites* Vol. 48. Fasc. 2 (1997), 87-92

Montiel-Montoya J (2010). Potencial y riesgo ambiental de los bioenergéticos en México. *Revista de Sociedad, cultura y Desarrollo sustentable*, 6(1): 57-62.

Mosquera, B J, Gómez, G O, y Méndez, P F (2009). Percepción del impacto del Vertedero Final de Basura en la Salud y en el Ambiente Físico y Social en Cali. *Revista Salud Pública*, Volumen 11(4), Agosto 2009, 554.

Observatorio del Cacao (OBSCACAO) (2017). *¿Qué es la teobromina y cuáles son sus propiedades?* By OBSCACAO for *Propiedades del cacao*. Disponible en: <http://www.observatoriodelcacao.com/2017/07/11/que-es-la-teobromina-y-cuales-son-sus-propiedades/>

Olascoaga-Orrego R M (2017). *Plan de manejo de residuos sólidos en una empresa agroindustrial*. Universidad agraria la Molina. pp 16

Organización de Las Naciones Unidas para La Agricultura y La Alimentación (Food And Agriculture Organization Of The United Nations - FAO) (1997). *Capítulo 5, Elaboración y refinado de aceites comestibles*. ISBN 92-5-303621-4 Disponible en: <http://www.fao.org/3/v4700s/v4700s09.htm>

Osuna Torres L, Tapia Pérez M E Y Aguilar Contreras A (2005). *Plantas medicinales de la medicina tradicional mexicana para tratar afecciones gastrointestinales, estudio etnobotánico, fitoquímico y farmacológico*. Publicacions i edicions de la Universitat de Barcelona, p 113 - 115. Resumen. Disponible en: <http://www.publicacions.ub.es/refs/indices/06499.pdf>

Pantoja-Chamorro A L, Hurtado-Benavides A M, Martinez-Correa H A (2017). Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO<sub>2</sub> supercrítico. *Acta Agron.* (2017) 66 (2) p 178-185 ISSN 0120-2812 e-ISSN 2323-0118. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v66n2.57786>

Parczewska-Plesnar B, Brzozowki R, Gwardiak H, Bialecka-Florjanczyk E And Bujnowski Z (2016). Wheat germ oil extracted by supercritical carbon dioxide with ethanol: *Fatty acid composition*. July – September 2016, e144 ISSN-L: 0017-3495 Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.1017153>

Parni B y Verma Y (2014). Biochemical properties in peel, pulp and seeds of Carica papaya. *Plant Archives* Vol. 14 N° 1, 2014 pp. 565-568. ISSN 0972-5210.

Pascual U, Muradian R, Brander L, Martín-López B, Gómez-Baggethun E, Verm Contributing M, Armsworth P, Christie M, Cornelissen H, Eppink F, Farley J, Loomis J, Pearson L, Perrings C, Rewiewers S, Mcneely J, Norgaard R, Siddiqui R, Simpson R, Turner R (2010). The economics of valuing ecosystem service and *Biodiversity*. Chapter 5. Article January 2010. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Ismael\\_Silva6/post/Is\\_there\\_a\\_semin\\_al\\_paper\\_on\\_environmental\\_and\\_ecological\\_economics\\_that\\_someone\\_could\\_recommend/attachment/59d6214ac49f478072e986fc/AS:271832026](https://www.researchgate.net/profile/Ismael_Silva6/post/Is_there_a_semin_al_paper_on_environmental_and_ecological_economics_that_someone_could_recommend/attachment/59d6214ac49f478072e986fc/AS:271832026)

943490@1441821213537/download/D0-Chapter-5-The-economics-of-valuing-ecosystem-services-and-biodiversity.pdf.

Pereira C G, Meireles M A A (2010). Supercritical fluid extraction of bioactive compounds: fundamentals, applications and economic perspectives. *Food Bioprocess. Technol.* 3, 340-372.

Pérez-Hernández L, Chávez-Quiroz K, Medina-Juárez L A, Gámez-Meza N (2013). Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*. *Bio tecnia Revista de ciencias biológicas y de la salud*, Article (PDF available) April 2013 DOI: 10.18633/bt.v15i1.136

PERU INFO (2020). Súper Sacha Inchi. Disponible en: <https://peru.info/es-pe/superfoods/detalle/super-sacha-inchi>

Ramírez J G, Herrera A, Aguirre C, Covarrubias J, Iturriaga G, Raya J C (2016). Caracterización de las proteínas de reserva y contenido mineral de semilla de melón (*Cucumis melo* L.) *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*. Vol. 7, Núm. 7, 28 de setiembre – 11 de noviembre, 2016. p. 1667-1678 Versión impresa ISSN 2007-0934

Reid R C, Prausnitz J M, Poling B E (1987). *Properties of gases and liquids*, 4th edition, eds. McGraw Hill, NY. ISBN: 0070517991 9780070517998

Restrepo J, Estupiñán J A, Colmenares A J, (2016). Estudio comparativo de las fracciones lipídicas de *Bactris gasipaes* Kunth (Chontaduro) obtenidas por extracción soxhlet y por extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico. *Revista Colombiana de Química*, 2016, Vol. 45 Issue 1, p5-9, 5p. Publisher: Universidad Nacional de Colombia.

- Rinaldi M, Caligiani A, Borgese R, Palla G, Barbanti D, Massini R (2013). The effect of fruit processing and enzymatic treatments on pomegranate composition, antioxidant activity and polyphenols content. Dipartimento di Scienze degli Alimenti, Università degli Studi di Parma, Parco Area delle Scienze 95/a, 43124 Parma, Italy. Article info *LWT - Food Science and Technology* 53 (2013) 355 - 359. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.015>
- Román M A, Rivera C M, Cardona L M, Muñoz L M, Gomes D D, Carvalho C P, Quiceno J M (2016). *Guía de extracción por fluidos supercríticos: Fundamentos y aplicaciones*. Rionegro – Antioquia.
- Romero C, Belisario Y, Blasco M (2004). Extracción del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) con CO<sub>2</sub> supercrítico. *Ciencia* 12(4), 309 - 314, 2004 Maracaibo.
- Sagoff M (1997). *Can we put a Price on nature's services?* Philosophy and Public Policy, 17: 7-12.
- Salinas Santamaría S. (2019). *Lineamientos para una estrategia Residuo Cero en el Distrito metropolitano de Quito – DMQ*. Depósito digital de la Universidad de Barcelona, Planificación territorial y gestión ambiental. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2445/146148>
- Sarmiento J (2019). *Evaluación del uso de la cáscara de cacao como sustituto parcial de la matriz polimérica en la obtención de espumas de poliuretano*. Fundación Universidad América, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería Química, Bogotá D.C. Febrero 2019. Pág. 21.
- Satyannarayana S, Anjaneyulu B, Neeharika T S V R, Prasana Rani K N, Chackraborti P P (2018). *Optimización mediante el diseño Box Behnken del proceso de extracción con dióxido de carbono supercrítico (scCO<sub>2</sub>) de*

*aceite de germen de trigo en relación al rendimiento, contenido de fósforo y tocoles.* Disponible en: <https://doi.org/10.3989/gya.0102181>

Saval S (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *Bio-Tecnología*, 16(2):14-16. Disponible en: [https://www.academia.edu/23775116/Aprovechamiento\\_de\\_Residuos\\_Agroindustriales\\_Pasado\\_Presente\\_y\\_Futuro](https://www.academia.edu/23775116/Aprovechamiento_de_Residuos_Agroindustriales_Pasado_Presente_y_Futuro)

Serna-Jiménez J, Torres-Valenzuela L, Martínez Cortínez K, Hernández Sandoval M, (2018). *Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos.* Issn web 2145 - 8480. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18273/revlon.v31n1-2018006>

Sierra, A.; Meléndez, L.; Ramírez-Monroy, A.; Arroyo, M. (2014) La química verde y el desarrollo sustentable. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 5, núm. 9, julio-diciembre, 2014 Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente A.C. Guadalajara, México

Sierralta Pérez G J (2013). *Aceite de semilla de melón tan saludable como el de girasol.* Disponible en: <https://es.scribd.com/document/146548355/Aceite-de-semilla-de-melon-tan-saludable-como-el-de-girasol>

Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA). (2018). *Anuario estadístico de producción agrícola del MINAGRI. Datos Excel anuario agrícola 2018-070819.*

Soliva M , Lopez M (2004). *Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso.* Escola superior d' Agricultura de Barcelona. UPC. CENEAM/MIMAM.

- Sotelo J L y Ovejero G (2003). *Procesos con fluidos supercríticos. Departamento de ingeniería química. Universidad Complutense. Anales de la Real sociedad Española de Química, segunda época Octubre – diciembre 2003. pp 15. Procesos con.qxd*
- Sovová H, Nobre B, Palabra A (2016). Modeling of the Kinetics of Supercritical Fluid Extraction of Lipids from Microalgae with Emphasis on Extract Desorption
- Tapia Yanez C (2015). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) variedad Arriba y CCN51 para la elaboración de una infusión* Trabajo de Graduación. Modalidad: Trabajo estructurado de Manera Independiente (TEMI). Presentado como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Este estudio es parte del Proyecto “Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao (Theobroma cacao L.) Variedad Nacional y CCN51”, auspiciado por la Universidad Técnica de Ambato (Aprobado con resolución 1150-CU-P-2012). Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11981/1/AL%20574.pdf>
- Todaro A, Cavallaro R, La Malfa S, Continella A, Gentile A, Fisher U A, Carle R, Spagna G (2016). Anthocyanin profile and antioxidant activity of freshly squeezed pomegranate (*Punica granatum L.*) Juices of Sicilian and Spanish provenances. *Ital. J. Food Sci.*, Vol 28, 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v332>
- Toledo Merma, P (2019) *.Aprovechamiento de los residuos de la granada (Punica Granatum) variedad Wonderful, para la obtención de compuestos bioactivos mediante la aplicación de tecnologías limpias*, tesis para optar el título de ingeniero en Industrias alimentarias de la Universidad Nacional de Tacna Jorge Basadre Grohmann.

- Trevejo E , Maury M (2002). Extracción y caracterización del aceite de Poraqueiba serícea Tulasne (UMARÍ). *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, v.2 n° 2 p. 1 – 18. Iquitos.
- Triana-Maldonado D M, Torijano-Gutierrez S A, Giraldo-Estrada C (2017). Extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico de aceite y un concentrado de omega-3 a partir de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) proveniente de Antioquia, Colombia. *Grasas y aceites* 68(1) January- March, 2017, e172 ISSN-L: 0017-3495
- Valverde García A (1995). Extracción con fluidos supercríticos: principios y aplicaciones al análisis de residuos de plaguicidas. In Residuos de plaguicidas. *Pesticide residues*. (pp. 141-154). Instituto de Estudios Almerienses.
- Vargas Corredor Y, Pérez Pérez L (2018). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente*. Vol. 14 (1) 2018, 59-72. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Vásquez de Frutos L (2008). *Extracción con fluidos supercríticos y síntesis enzimática para la obtención de lípidos funcionales*, Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Madrid.
- Velasco R J, Villada H S, Carrera J E (2007). *Aplicaciones de los fluidos supercríticos en la Agroindustria*. Universidad del Cauca, Departamento de Agroindustria, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Información tecnológica Vol 18(1), 53-65.
- Velásquez, Á M (2008). *La tecnología de fluidos supercríticos, un proceso limpio para el sector industrial*. *Producción Más Limpia*. *Producción + Limpia*, 3(2), 98-104.

- Yate Segura A, Funeque Yate D (2017). *Vermicompostaje en el manejo de los residuos sólidos urbanos* Universidad nacional abierta y a distancia Numero 2 (2017) Working paper ECAPMA.
- Yepes S M., Montoya I J, Orozco F (2008). Valorización de residuos agroindustriales – Frutas – en Medellín y el Sur del Valle de Aburrá, Colombia, Artículo *Rev. Nal. Agr. Medellín* 61 (1): 4422-4431.
- Zabot L, Moraes N, Angela A, Meireles M (2012). *Supercritical Fluid extraction of bioactive compounds from botanic matrices: experimental data, process parameters and economic evaluation*
- Zarnowski R , Suzuki Y (2004). Expedient Soxhlet extraction of resorcinolic lipids from wheat grains, *J Food Composit.* Vol 17, 649–664. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.09.007>.