



**UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**Extracción y encapsulamiento de ácidos grasos de  
semillas de maracuyá**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**Autora:** Toledo Guaya, Gabriela Micaela

**Directora:** Meneses Chamba, Miguel Ángel

LOJA  
2023



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2023

## Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Loja, 1 de Marzo de 2023

Magister

Natali Elizabeth Solano Cueva

**Directora de la carrera de Ingeniería Química**

Ciudad.-

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Titulación denominado: Extracción y encapsulamiento de ácidos grasos de semillas de maracuyá realizado por Gabriela Micaela Toledo Guaya ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

-----

Director: Meneses Chamba, Miguel Ángel, Ph.D.

C.I.: 1103885636

Correo electrónico: [mameneses@utpl.edu.ec](mailto:mameneses@utpl.edu.ec)

### **Declaración de autoría y cesión de derechos**

Yo, Gabriela Micaela Toledo Guaya, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autora del Trabajo de Titulación denominado: Extracción y encapsulamiento de ácidos grasos de semillas de maracuyá, de la carrera de Ingeniería Química, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Marco teórico, Capítulo 2. Metodología, Capítulo 3. Resultados y discusión, Conclusiones y Recomendaciones, siendo Miguel Ángel Meneses Chamba, director (a) del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad", en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

.....  
Autor: Gabriela Micaela Toledo Guaya

C.I.: 1900700608

Correo electrónico: [gmtoledo1@utpl.edu.ec](mailto:gmtoledo1@utpl.edu.ec)

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo primeramente a mis padres Mónica y Bladimir, ya que siempre estuvieron dando palabras de apoyo, para poder culminar mi carrera exitosamente, sin ellos no hubiera sido posible obtener mi título universitario.

A mi esposo Carlos, que ha estado apoyándome en los buenos y malos momentos desde que empecé mi carrera siempre ha estado a mi lado brindando palabras de aliento. A mi hijo David, porque me ha dado las fuerzas para poder superarme profesionalmente.

A mis abuelitos Olguita y Herminio, que son como mis padres y han estado dando su granito de arena y siempre preocupados por su nieta. A mi hermana Valeria, por brindarme su compañía cuando más la necesitaba. A mi tío Richar, que es como un hermano para mí y siempre me ha estado brindando su apoyo en todo momento.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a Dios por permitir que culmine una meta más propuesta en vida. Gracias a mis padres Mónica y Bladimir, porque sin ellos no hubiera alcanzado este logro de culminar mi etapa universitaria, gracias por su confianza puesta en mí, por sus consejos, por su amor. Toda la vida estaré agradecida con ustedes.

Quiero agradecer especialmente a mi madre, porque ha estado en todo momento a mi lado y sobre todo por su paciencia conmigo.

A mi tutor de tesis PhD. Miguel Ángel Meneses, por su asesoramiento y confianza en la realización de la misma.

A mi esposo Carlos, por su apoyo para que culmine mi trabajo de titulación en los últimos años.

Finalmente, a mis suegros Dalton y Leonor que al final de mi carrera me dieron su motivación, para poder terminar mis estudios universitarios.

## Índice de contenido

Carátula .....	I
Aprobación del director del Trabajo de Titulación .....	II
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	III
Dedicatoria .....	V
Agradecimiento.....	VI
Índice de contenido .....	VII
Resumen.....	1
Abstract .....	2
Introducción .....	3
Capítulo uno .....	4
Marco Teórico .....	4
1.1 Generalidades de la maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> S).....	4
1.2 Características del Género y la Familia .....	4
1.3 Morfología de la Planta.....	4
1.3.1 <i>Distribución Geográfica</i> .....	5
1.3.2 <i>Producción de maracuyá en el Ecuador</i> .....	5
1.3.3 <i>Usos del aceite de maracuyá</i> .....	5
1.3.4 <i>Composición química del aceite de maracuyá</i> .....	6
1.3.5 <i>Tipos de extracción del aceite de maracuyá</i> .....	6
1.3.5.1 Extracción por prensado.....	7
1.3.5.2 Extracción con disolventes.....	7
1.3.6 <i>Encapsulamiento</i> .....	8
1.3.6.1 <i>Métodos de Encapsulación</i> ... ..	9
1.4 Estudios Realizados. ....	9
Capítulo dos .....	11
Metodología.....	11
2.1 Esquema Metodológico .....	11
2.2 Materia prima.....	11
2.2.1 <i>Materiales Encapsulantes</i> .....	12
2.3 Tratamiento de la materia prima .....	12
2.4 Extracción del aceite de semilla de maracuyá .....	13
2.5 Análisis químico y físico del aceite de maracuyá.....	13
2.5.1 <i>Densidad Relativa NTE INEN 35</i> .....	13
2.5.2 <i>Humedad NTE INEN 39</i> .....	14
2.5.3 <i>Acidez NTE INEN 38</i> .....	14
2.5.4 <i>Índice de Refracción NTE INEN 42</i> .....	15

2.6 Encapsulación del aceite.....	15
2.6.1 <i>Preparación de emulsiones</i> .....	15
2.7 Secado de emulsiones por atomización.....	17
2.8 Caracterización de encapsulación.....	18
2.8.1 <i>Determinación del contenido de humedad</i> .....	18
2.8.2 <i>Determinación del rendimiento de atomización</i> .....	18
2.8.3 <i>Determinación de la eficiencia de microencapsulación</i> .....	18
2.9 Análisis estadístico.....	19
Capítulo tres.....	20
Resultados y discusión .....	20
3.1 Extracción de aceite de maracuyá.....	20
3.2 Caracterización del aceite de maracuyá.....	20
3.3 Encapsulación del aceite.....	21
3.3.1 <i>Preparación de emulsiones</i> .....	21
3.3.2 <i>Rendimiento de la emulsión</i> .....	22
3.4 Caracterización de los encapsulados.....	22
3.4.1 <i>Humedad de los encapsulados</i> .....	22
3.4.2 <i>Determinación de la eficiencia del encapsulamiento</i> .....	23
3.4.3 <i>Densidad de los encapsulados</i> .....	24
Conclusiones .....	25
Recomendaciones .....	26
Referencias .....	27
Apéndice.....	30
Apéndice A. Preparación de la emulsión aceite – agua .....	30
Apéndice B. Determinación de humedad.....	31
Apéndice C. Determinación de la eficiencia.....	32
Apéndice D. Materia prima .....	34
Apéndice E. Equipos .....	35
Apéndice F. Materiales .....	36
Apéndice G. Extracción de Aceite .....	36
Apéndice H. Preparación de Emulsiones.....	37
Apéndice I. Secado .....	38
Apéndice J. Análisis de Varianza para Rendimiento - Suma de Cuadrados Tipo III ....	39
Apéndice K. Análisis de Varianza para Humedad - Suma de Cuadrados Tipo III .....	39
Apéndice L. Análisis de Varianza para Eficiencia - Suma de Cuadrados Tipo III .....	39
Apéndice M. Análisis de Varianza para Densidad - Suma de Cuadrados Tipo III.....	40

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1. Usos del aceite de maracuyá .....</b>	<b>5</b>
<b>Tabla 2. Composición química del aceite de maracuyá .....</b>	<b>6</b>
<b>Tabla 3. Tipos de aceite según su extracción .....</b>	<b>6</b>
<b>Tabla 4. Materiales encapsulantes .....</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 5. Métodos de encapsulación .....</b>	<b>9</b>
<b>Tabla 6. Composición para emulsiones .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 7. Cuadro de experimentos para el secado por atomización de las emulsiones de aceite de maracuyá .....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 8. Resultados de la caracterización fisicoquímica del aceite de maracuyá .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 9. Rendimiento de atomización .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 10. Principales registros de Humedad.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 11. Eficiencia de Encapsulamiento.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 12. Densidad de los encapsulados.....</b>	<b>24</b>

### Índice de Figuras

<b>Figura 1. Esquema metodológico .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2. Emulsiones encapsuladas .....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 3. Preparación de emulsiones .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 4. Proceso de emulsión.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 5. Equipo de atomización .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 6. Encapsulado de aceite de maracuyá .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 7. Aceite total libre de impurezas.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 8. Encapsulado con Maltodextrina – Goma Arábica.....</b>	<b>21</b>

## Resumen

Este trabajo de investigación tiene la finalidad de extraer y encapsular el aceite de Maracuyá, cumpliendo todos los estudios necesarios que requieren las emulsiones con los siguientes materiales: goma arábica, maltodextrina y tween 20; que finalmente fueron secadas usando el equipo BUCHI Mini Spray Dryer B-290. Los factores que se estudiaron fueron la relación de encapsulantes, la temperatura de secado y el porcentaje de flujo de la bomba. Posterior a eso se realizó, la caracterización a cada muestra encapsulada, teniendo como resultado final de humedad un total del 0,15% a 2,45% (maltodextrina- goma arábica). También se obtuvo un valor de densidad entre 0,338 a 0,511 y un valor de eficiencia entre 52% a 94% y un rendimiento de atomización del 71,14% a 88,86%. Al realizar el análisis estadístico para la eficiencia se observa que el material encapsulante más eficiente fue con maltodextrina: goma arábica es del 16,44%. El rendimiento del aceite en el encapsulado se registró de 83,57%. El aceite de Maracuyá contiene varios ácidos grasos, por lo cual es importante proponer técnicas de conservación y posterior uso en forma de microencapsulados.

*Palabras clave:* aceite de maracuyá, atomización, encapsulamiento.

### **Abstract**

This research work has the purpose of extracting and encapsulating the passion fruit oil, carrying out all the necessary studies that the emulsions require with the following materials: gum arabic, maltodextrin and tween 20; which were finally dried using the BUCHI Mini Spray Dryer B-290 equipment. The factors that were studied were the ratio of encapsulants, the drying temperature and the percentage of flow of the pump. Subsequently, the characterization of each encapsulated sample was carried out, with the final result of moisture being a total of 0,15% to 2,45% (maltodextrin-gum arabic). A density value between 0,338 to 0,511 and an efficiency value between 52% to 94% and an atomization yield of 71,14% to 88,86% were also obtained. When carrying out the statistical analysis for efficiency, it is observed that the most efficient encapsulating material was with maltodextrin: gum arabic is 16,44%. The yield of the oil in the encapsulation was recorded as 83,57%. Passion fruit oil contains various fatty acids, which is why it is important to propose conservation techniques and subsequent use in the form of microencapsulations.

*Keywords:* passion fruit oil, atomization, encapsulation.

## Introducción

Este trabajo experimental, se enfocó en investigar el uso de la semilla, como materia prima, para la obtención de aceite y su encapsulamiento, y luego realizar la caracterización del aceite de semilla de maracuyá (*Pasiflora edulis* S.) extraído por una máquina de tornillo sin fin, seguido del proceso de emulsión con distintas variables entre un compuesto bioactivo, matriz polimérica y surfactante, pasando al proceso de encapsulación mediante secado por spray dryer o atomización. De las microcápsulas resultantes se analizó el rendimiento de secado, rendimiento de microencapsulación y eficiencia de microencapsulación.

El aceite de maracuyá contiene muchas propiedades saludables, este trabajo consiste en obtener un encapsulado de aceite como un ingrediente y poderlo industrializar, para consumirlo en las comidas diarias, para así poder evitar un gran número de enfermedades cardiovasculares.

La presente investigación tiene los objetivos de extraer encapsulados de ácidos grasos de las semillas de maracuyá, del cual se debe determinar los parámetros óptimos de extracción del aceite, emulsión del aceite y, así mismo, los parámetros óptimos de secado por atomización.

En el primer capítulo se realiza la investigación sobre la fruta de maracuyá, también conocida como la fruta de la pasión, esta fruta se da en las zonas tropicales del Ecuador, donde se conoce que la planta es de tipo trepador. Cada fruto contiene alrededor de 200 a 300 semillas, esto depende del tiempo de producción y del tipo del suelo, sus semillas contienen aceite y proteínas. La semilla contiene un alto contenido de omega 3 y ácidos grasos, es por ello que este aceite es un gran potencial en la industria del mercado. En el segundo capítulo se describe la metodología que se utilizó para el encapsulamiento del aceite y la caracterización que se realizó después del secado por atomización, como son la eficiencia, la humedad y caracterización de contenidos de ácidos grasos. En el tercer capítulo se detallan los resultados obtenidos del trabajo, donde se indicó si el contenido de ácidos grasos seguía presente en el aceite encapsulado. Y por último se encuentran las conclusiones y recomendaciones de la presente investigación.

## Capítulo uno

### Marco Teórico

#### 1.1 Generalidades de la maracuyá (*Passiflora edulis* S).

La planta de maracuyá, esta ubicada en las zonas tropicales del Ecuador, pertenece a la familia *Passifloraceae*, también conocida como la fruta de la pasión (Pinzón, Fischer, & Corredor, 2017).

#### 1.2 Características del Género y la Familia

Pertenece a la familia *Passifloraceae*, que consta de 12 géneros y más de 500 especies, de las cuales se encuentran ampliamente distribuidas en América tropical, Asia y África. *Passiflora*, el género principal, tiene aproximadamente más 400 especies conocidas, de las cuales entre 50 y 60 dan frutos comestibles, pero solo unas pocas tienen importancia comercial. Muchos se conocen solo en los mercados nativos de América del Sur y Central (Pinzón, Fischer, & Corredor, 2017).

#### 1.3 Morfología de la Planta

La planta de maracuyá, se la conoce como trepadora, vigorosa y leñosa mide aproximadamente de 50 a 80 m, el nombre de la flor de la pasión se deriva de la estructura en forma de cruz de los estigmas que emergen del centro de las flores, y el anillo de apéndices de la corona que se ha comparado con la corona de espinas de Cristo (Pinzón, Fischer, & Corredor, 2017).

Su tallo es rígido y leñoso; presenta hojas alternas de gran tamaño, perennes, lisas y de color verde oscuro. Una misma planta puede presentar hojas no lobuladas cuando se empieza a desarrollar, y luego hojas trilobuladas, por el fenómeno de heterofilia foliar. Las raíces, como es habitual en las trepadoras, son superficiales (Cruz & Meléndez, 2004)

El fruto tiene una forma ovalada entre 4 a 10 cm de diámetro, cubierta con una cáscara gruesa, la pulpa contiene semillas de color café oscuro. Existen dos variedades la maracuyá, púrpura y amarilla estas difieren en el rendimiento hortícola y las propiedades de la fruta. La especie púrpura es más resistente al daño por frío, es menos ácida y se

considera superior en aroma y sabor. La forma amarilla es de crecimiento más rápido, tiene una mayor resistencia a los hongos del suelo, tiene cepas más vigorosas, produce cosechas durante períodos más largos y tiene un mayor rendimiento de fruta y pulpa, frutas más grandes y más jugo ácido (Pinzón, Fischer, & Corredor, 2017).

### **1.3.1 Distribución Geográfica**

La maracuyá es común en toda América Tropical, propia de Sudamérica y Centroamérica; específicamente, se considera nativa de la Amazonía de Perú, del sur de Brasil, Colombia, Paraguay y del norte de Argentina.

### **1.3.2 Producción de maracuyá en el Ecuador**

Las condiciones climáticas y el suelo en el Ecuador son altamente propicias para el cultivo de maracuyá. Esta fruta está disponible durante todo el año, con dos picos de producción: el primero de abril a junio y el segundo en octubre. Las principales zonas de producción que tiene el Ecuador se encuentran en las provincias de la costa, tales como: Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Guayas, El Oro. (Haro, Fonseca, & Zamora, 2020).

El consumo de esta fruta ha aumentado en todo el mundo debido al sabor, la prevención de enfermedades y los beneficios para la salud debido a la presencia de nutrientes como vitaminas, minerales, fibra y otros compuestos bioactivos que el cuerpo humano necesita para una vida saludable (Moscoso-Mesías & Terán-Arroyo, 2013)

### **1.3.3 Usos del aceite de maracuyá**

Se lo utiliza en la producción de cosméticos, medicina y en el hogar. Como se encuentra en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Usos del aceite de maracuyá*

<b>Usos</b>	<b>Referencias bibliográficas</b>
<b>Poder antiinflamatorio y analgésico</b>	(Lopez, 2019)
<b>Disminuye la secreción del sebo (perfecto para pieles grasas y con acné)</b>	(Lopez, 2019)

<b>Nutritivo y bacteriano</b>	(Lopez, 2019)
<b>Efecto calmante</b>	(Lopez, 2019)
<b>Reduce rojeces</b>	(Lopez, 2019)
<b>Combate el insomnio</b>	(Mercedes, 2015)
<b>Elimina sustancias toxicas del organismo</b>	(Mercedes, 2015)
<b>Reduce los temblores que ocasiona el Parkinson</b>	(Mercedes, 2015)
<b>Regula la presión arterial en personas hipertensas</b>	(Mercedes, 2015)

*Nota.* Adaptado de (Mercedes, 2015) & (Lopez, 2019)

### 1.3.4 Composición química del aceite de maracuyá

El aceite de maracuyá tiene muchas propiedades medicinales, también es rico en ácidos grasos, en la tabla 2 se detallan a continuación. (Pantoja-Chamorro, Hurtado-Benavides, & Martinez-Correa, 2017).

**Tabla 2**

*Composición química del aceite de maracuyá*

<b>Composición</b>	<b>Valores porcentuales del aceite</b>
<b>Ácido linoleico</b>	67.0
<b>Ácido oleico</b>	16.6
<b>Palmítico</b>	14.5

*Nota.* Adaptado de (Pantoja-Chamorro, Hurtado-Benavides, & Martinez-Correa, 2017)

### 1.3.5 Tipos de extracción del aceite de maracuyá

Existen dos formas, las cuales se detallan a continuación: en la tabla 3 se muestra los tipos de aceite según su extracción.

**Tabla 3**

*Tipos de aceite según su extracción*

<b>Extracción por prensado</b>	<b>Extracción con disolventes</b>
<b>Aceite de oliva,</b>	Aceite de Moringa oleífera
<b>Aceite de linaza</b>	Aceite de Ricino
<b>Aceite de semillas de algodón</b>	Aceite de Maní
<b>Aceite de maíz</b>	Aceite de Coco

<b>Aceite de cacahuete</b>	Aceite de Palma
<b>Aceite de soja</b>	Aceite de romero
<b>Aceite de girasol</b>	Soya

*Nota.* Adaptado de (Tabio, Díaz, Rondón, Fernández, & Piloto, 2017)

**1.3.5.1 Extracción por prensado.** Esta técnica de extracción de aceite consiste en colocar la pulpa en una prensa hidráulica, donde se aplica presión para liberar el aceite. Esto resulta en un aceite de mejor calidad que el obtenido a través del proceso de destilación por arrastre de vapor (Curasma-Poma & Inga-Solano, 2019)

Se seleccionó esta técnica siguiendo el criterio de (Hoyos-Zagaceta & Sánchez-Zavaleta, 2019) quien manifiesta que la extracción de aceite por prensado en frío es una forma eficaz de extraer los aceites de las semillas sin alterar los componentes naturales de la fruta además este método de extracción es uno de los más utilizados en la industria alimentaria debido a la capacidad de preservar los nutrientes y los aromas y sabores de la fruta.

El proceso de extracción de aceite de maracuyá por prensado en frío consiste en la trituración de la fruta para liberar los aceites. El aceite se separa del resto del producto y se filtra para eliminar cualquier impureza. El aceite resultante es un aceite de alta calidad, con un sabor y aroma naturales de maracuyá.

El resultado final del aceite va a depender de los ajustes de la máquina, velocidad del eje del tornillo giratorio, tamaño de la salida de la torta, la temperatura durante el prensado y humedad de la semilla (Sihuayro, 2013).

**1.3.5.2 Extracción con disolventes.** Este proceso solo se recomienda cuando se desea eliminar todo el aceite posible de la semilla, la elección del disolvente se la realiza de acuerdo en la solubilidad que presente en el aceite, los más utilizados son el pentano, hexano, heptano y octano. El que más se utiliza es el hexano por sus diferentes características que este presenta con el aceite (Ayala-Martínez, Henriet, & Palacios-Ontalva, 2016).

### 1.3.6 Encapsulamiento

El proceso de encapsulamiento se realiza para preservar y conservar de una manera eficaz los productos alimentarios, químicos, cosméticos y farmacéuticos. Por lo tanto, el encapsulado de aceites y grasas, puede retardar la auto-oxidación, y mejora la estabilidad (Vega-Picón, 2015).

Esta encapsulación tiene un gran objetivo que es preservar la calidad de dichos compuestos, porque son muy importantes para las industrias alimentarias, ya que previenen enfermedades cardiovasculares. (De la Torre-Santos, Vicente-Mainar, Martín, & Royo, 2021).

**Tabla 4**

Materiales encapsulantes

<b>Materiales encapsulantes</b>	<b>Características</b>	<b>Ejemplos</b>	<b>Referencia bibliográfica</b>
Goma arábica	Es una emulsión vegetal, la cual es extraído de la planta leguminosa Acacia Senegal.	Se utiliza como material formador de película, ya que actúa como un agente protector.	(Lopera, Guzmán, Cataño, & Gallardo, 2009; Pastuña-pullutasig et al., 2016)
Maltodextrina	Es un polímero sacárido nutritivo, se obtiene por hidrólisis parcial del almidón empleado ácidos o enzimas	Se utiliza como estabilizante de emulsiones. Se elaboran por métodos de hidrólisis ácida o enzimática de los almidones.	(Pastuña-pullutasig et al., 2016)
Alginato	Es un polímero que se obtiene a partir de algas pardas que pertenecen a la familia Laminariaceae	Se utilizan en diferentes aplicaciones industriales como en la elaboración de cerveza, tratamiento de aguas residuales, crecimiento de plantas, entre otros; y actúa como materia prima en la elaboración de microencapsulados.	(Caicedo de la Cruz & Chamba Sánchez, 2016; Lee & Mooney, 2012)

*Nota.* Adaptado de (Lopera, Guzmán, Cataño, & Gallardo, 2009), (Pastuña-Pullutasig, y otros, 2016), (Caicedo & Chamba-Sánchez, 2016), (Lee & Mooney, 2012), (Dickinson, Ritzoulis, & Povey, 1999).

**1.3.6.1 Métodos de Encapsulación.** En Ecuador existen una gran variedad de métodos, entre los más conocidos tenemos los físicos y mecánicos, los cuales se encuentran en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Métodos de encapsulación*

<b>Métodos físicos o mecánicos</b>	<b>Métodos químicos</b>
<b>Liofilización</b>	Gelificación iónica
<b>Extrusión</b>	Polimerización interfacial
	Coacervación compleja
	Co-cristalización
<b>Secado por atomización como el lecho fluidizado</b>	Atrapamiento en liposomas, mediante incompatibilidad polimérica

*Nota.* Adaptado de (Lliguisaca-Sánchez, 2017).

Los métodos más usados es el de secado por atomización y por liofilización, por su alta eficiencia y un muy buen bajo costo de los encapsulados. (Negrete Ocampo & Secaira Larco, 2016).

#### **1.4 Estudios Realizados.**

Los autores Pantoja-Chamorro, Hurtado-Benavides, & Martinez-Correa (2017) han encontrado en el aceite de maracuyá compuestos con un gran valor nutricional como ácidos grasos, palmítico, principalmente linoleico y oleico; además el aceite de maracuyá cuenta con características antioxidantes descritas en otros estudios y es considerado como una fuente prometedora para posibles aplicaciones en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica.

Por otra parte, García-Cerqueda (2019) realizó otro estudio que micro encapsulan el aceite de aguacate usando un aislado de proteína de suero o también llamado whey protein isolate (WPI) y maltodextrina 5 en varias proporciones y empleando el spray dryer, obteniendo una eficiencia del 60%.

Los autores Gallo-Nunura & Cevallos-Vera (2014) realizan un estudio comparativo de la deshidratación del aguaymanto planteando dos tipos de secado, atomización y liofilización, utilizando dos encapsulantes (maltodextrina y goma arábica) en la retención de la vitamina C

con diferentes concentraciones, obteniendo un valor porcentual del 96.75 en la retención con la formulación de goma arábica y mediante la atomización.

La mayor parte de investigaciones se realizan con maltodextrina y goma arábica, porque son las más conocidas, de bajo costo y su uso es fácil, en cambio el que no se utiliza con frecuencia es el alginato de sodio como encapsulante más bien lo utilizan como agente de textura.

## Capítulo dos

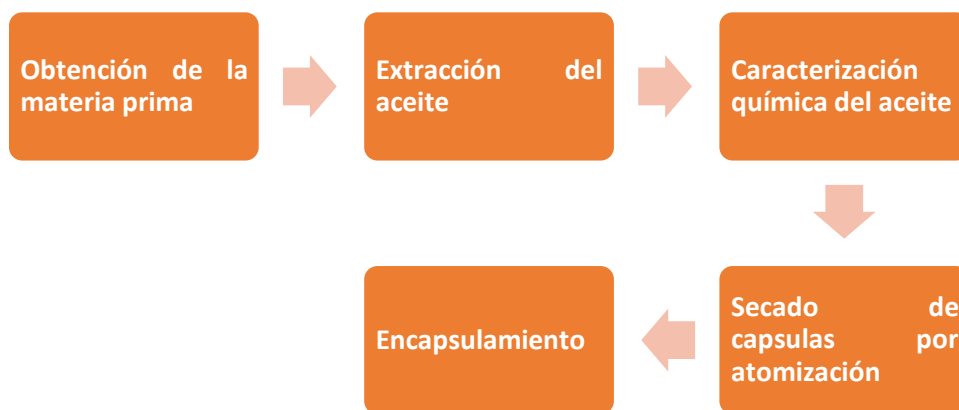
### Metodología

#### 2.1 Esquema Metodológico

La presente investigación se llevó a cabo en la sección de Ingeniería de Procesos perteneciente al departamento de Química y Ciencias Exactas de la Universidad Técnica Particular de Loja, a continuación, tenemos los pasos metodológicos como se muestran en la figura 1.

**Figura 1.**

*Esquema metodológico*



#### 2.2 Materia prima

La materia prima necesaria para la extracción de aceite de maracuyá es el fruto del maracuyá. Los frutos de maracuyá son ricos en nutrientes y tienen un alto contenido de aceite, lo que los hace una excelente materia prima para la extracción del mismo (Hoyos, & Sánchez, 2019). Como se mencionó en el apartado anterior, la semilla de maracuyá viene de zonas tropicales del Ecuador. (Los encuentros- Barrio Pindal)

El proceso de extracción de aceite de maracuyá es una tarea compleja que requiere la recolección, el lavado, el triturado, la prensa y la separación de los componentes (Proaño et al., 2020). La calidad del aceite de maracuyá depende no solo de la materia prima, sino

también de la técnica de extracción que se utilice por lo que es importante utilizar los mejores equipos y técnicas.

### **2.2.1 Materiales Encapsulantes**

- Se utilizó Goma Arábica de origen local, esta se la encontró en el mercado de nuestra ciudad.
- Se utilizó Maltodextrina de la marca MEELUNIE de origen chino

La maltodextrina es un material utilizado para encapsular aceite de maracuyá, ya que ofrece una forma segura de encapsular el aceite sin alterar su sabor, aroma o composición química. La maltodextrina es un polímero soluble en agua, por lo que es ideal para formar una membrana protectora alrededor del aceite, evitando su oxidación. Además, la maltodextrina es una excelente fuente de carbohidratos, lo que la hace ideal para su uso en productos de alimentación. Esto abre una gran variedad de opciones para la incorporación de aceite de maracuyá en alimentos y productos de belleza.

- Se utilizó Tween 20 de la marca la casa de los químicos del país de origen Ecuador

El Tween 20 es un tensoactivo cuya estabilidad y relativa ausencia de toxicidad permiten que sea usado como detergente en la encapsulación del aceite de maracuyá.

### **2.3 Tratamiento de la materia prima**

El aceite de maracuyá es un producto obtenido a partir de la semilla de la fruta. La preparación de la materia prima para su extracción es un proceso fundamental para obtener una calidad adecuada del aceite. En primer lugar, la materia prima fue lavada para eliminar cualquier residuo de tierra, polvo u otros restos que pudieran afectar la calidad del aceite. Seguidamente, se separó la cáscara de la pulpa, que posteriormente se sometió a un proceso de deshidratación en un equipo deshidratador de la marca Lassele, para reducir la humedad.

El proceso realizado, comprendió las siguientes fases:

- Lavado de materia prima
- Separación de la pulpa de forma manual
- Pesado de la pulpa

- Extracción de pulpa en despulpador
- Obtención de las semillas sin pulpa
- Pulpa líquida
- Semillas listas para colocar en el deshidratador
- Semillas deshidratadas
- Semillas en el deshidratador
- Masa total de semillas deshidratadas
- Semillas listas para colocar en el extractor de aceite
- Máquina manual para extraer aceites
- Proceso de extracción de aceite
- Torta seca de semillas de maracuyá
- Herramientas que conforman la máquina extractora de aceite
- Aceite total libre de impurezas

#### **2.4 Extracción del aceite de semilla de maracuyá**

En la presente investigación se utilizó la máquina extractora de aceites de tornillo sin fin (Procedencia China). Las semillas deshidratadas se introducen en el recipiente contenedor y se someten al proceso de extracción, el aceite se recupera separado de los residuos sólidos de la semilla; el tiempo de extracción fue de 20 minutos seguidamente se obtuvo un aceite de maracuyá puro y libre de impurezas. (Sihuayro Larico, 2013).

#### **2.5 Análisis químico y físico del aceite de maracuyá**

Para la extracción y encapsulamiento del aceite, según (Alvarado y Sandoval, 2018) se realizaron las siguientes pruebas fisicoquímicas:

##### **2.5.1 Densidad Relativa NTE INEN 35**

En primer lugar, en un picnómetro de 10 mL se lava con agua destilada, luego se sumerge en baño maría a 25 °C por 30 min, se seca y se pesa, este resultado se lo conoce como m1. Luego se lo enjuaga varias veces con alcohol, se seca y se vuelve a pesar, este

resultado se lo conoce como m. seguidamente se coloca el aceite de maracuyá a 23 °C en baño maría durante 30 min, este resultado se lo conoce como m2.

$$P = \left( \frac{m2 - m}{m1 - m} \right) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

m= masa del picnómetro vacío

m1 = masa del picnómetro con agua

m2 = masa del picnómetro con el líquido a investigar

### **2.5.2 Humedad NTE INEN 39**

Se preparó la muestra por duplicado, en una cápsula de porcelana tarada se pesó 1 g de aceite, seguidamente se calentó la cápsula en la estufa por 1 h a 103 °C, transcurrido todo este tiempo se dejó enfriar la cápsula en el desecador por 30 min, hasta que la temperatura este al ambiente, finalmente se pesa y se repite el análisis hasta que el peso se mantenga constante.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso final cap + aceite} - \text{peso cap vacia}}{\text{peso inicial cap + aceite} - \text{capsula vacia}} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

### **2.5.3 Acidez NTE INEN 38**

La Acidez se evalúo con la norma NTE INEN 38 para la Extracción de Aceite de Maracuyá, es una importante prueba para determinar la pureza y la calidad del aceite de maracuyá (Robles, 2020).

Sobre un matraz de 250 mL se coloca 1 g de muestra. Se prepara una mezcla 1:1 de alcohol y éter en un matraz Erlenmeyer. Se añaden 3 gotas de fenolftaleína, luego se agrega NaOH 0,1 N a través de una bureta de forma controlada hasta que cambie de color. El volumen empleado de NaOH debe ser menor a 20 cm.

$$\text{Acidez} = \frac{(GB)(N)(P_{eq})}{A} \quad \text{Ecuación 3}$$

### **2.5.4 Índice de Refracción NTE INEN 42**

El Índice de Refracción NTE INEN 42 para la extracción de aceite de maracuyá es un índice importante para evaluar la calidad del aceite producido.

El análisis se realiza por triplicado. Se ajusta la temperatura del refractómetro (Marca BOECO) a 25 – 40 °C, se colocan de 2 a 3 gotas de muestra preparada sobre el prisma inferior, se deja reposar por un momento hasta que la temperatura del equipo se encuentra en 25 °C.

### **2.6 Encapsulación del aceite**

Para el encapsulamiento del aceite de maracuyá primero se realizó una emulsión empleando como agentes encapsulantes goma arábica (GA) y maltodextrina (MD). Posteriormente, dichas emulsiones se secaron por medio de atomización como se muestran en la figura 2.

**Figura 2.**

*Emulsiones encapsuladas*



#### **2.6.1 Preparación de emulsiones**

Para la preparación de estas emulsiones se utilizó un método denominado por Thuong Nhan et al. (2020), con algunas modificaciones de acuerdo a nuestra materia prima. Primeramente, se mezclan maltodextrina y goma arábica a una proporción (1:3 y 3:1) con 489 mL de agua destilada y se agitan con un agitador magnético adecuado con un sistema de calentamiento con agua a 65 °C por aproximadamente 10 min, y luego se dejó reposar la muestra a temperatura ambiente como se muestra en la figura 3.

**Figura 3**

*Preparación de emulsiones*



Posteriormente, se adiciona el aceite de maracuyá junto con el Tween 20 en un agitador de alta velocidad de la marca DIAB OS40-Pro de hélice, con una cantidad igual al 6% de aceite con una agitación de 5000 rpm y 10000 rpm durante 20 min para formar la emulsión, proceso que se observa en la Figura 4.

**Figura 4**

*Proceso de emulsión*



**Tabla 6***Composición para emulsiones*

<b>Relación</b>	<b>1;3</b>		<b>3;1</b>	
<b>Agua</b>	81.5	489	81.5	489
<b>GA</b>	3.0	18	3.0	18
<b>MD</b>	9.0	54	9.0	54
<b>Tween 20</b>	0.5	3	0.5	3
<b>Aceite</b>	6.0	36	6.0	36
<b>TOTAL</b>	100 ml	600 ml	100 ml	600ml

### 2.7 Secado de emulsiones por atomización

En primer lugar se llevan 100 mL de emulsión a secar en un equipo Spray Dryer usando el equipo BÜCHI Mini Spray Dryer B-290. Trabajando con las condiciones de operación a una temperatura de entrada de 140 °C a 160 °C y la temperatura de salida de salida de 80 ± 5 °C, con una alimentación de 30% y 20% de flujo de bomba. Como se observa en la figura 5.

**Figura 5***Equipo de atomización*

El material atomizado se recogió en el recipiente dispuesto en el equipo y se almacenó hasta su posterior análisis. En la figura 6 consta la imagen de las cápsulas de maracuyá atomizadas.

**Figura 6***Encapsulado de aceite de maracuyá*

## 2.8 Caracterización de encapsulación

### 2.8.1 Determinación del contenido de humedad

Para determinar la humedad se determinó de acuerdo con el método AOAC N° 925.09 que es la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (Valdés Martínez, 2020; Vega-Rojas et al., 2000), este método sirve para tomar muestras por duplicado y se pesó 0,5 g de microcápsulas, y luego ser llevadas a un horno con una temperatura de 105 °C por 3 horas. Finalmente las muestras se enfriaron en el desecador para luego se pesaron hasta donde se obtiene valores constantes.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso final cap} + \text{aceite} - \text{peso cap vacia}}{\text{peso inicial cap} + \text{aceite} - \text{capsula vacia}} \times 100$$

### 2.8.2 Determinación del rendimiento de atomización

El rendimiento de atomización se define como el producto obtenido sobre la solución de alimentación, se tomó en cuenta la siguiente ecuación descrita a continuación por Thuong Nhan et al. (2020), con algunas modificaciones.

$$DY(\%) = \frac{m_2 \times (1 - y)}{m_1 \times x} \times 100$$

Donde m1 es la masa de la emulsión de alimentación (g), m2 es la masa del producto en polvo, y es la humedad del producto obtenido y x es el porcentaje de sólidos (%).

### 2.8.3 Determinación de la eficiencia de microencapsulación

Para determinar la masa del aceite encapsulado, Thuong Nhan et al. (2020) nos señala que se debe seguir los siguientes pasos Bae & Lee (2008):

1. Se colocan 1 g del polvo microencapsulado en un vaso de precipitación, y posteriormente se agrega 60 mL de hexano. Luego la mezcla se agitó por un tiempo de 30 min
2. Se utiliza papel filtro para filtrar las microcápsulas al vacío.
3. La suma de polvo retenido en el filtro se secó en un horno a 60 °C por un tiempo de 5 horas.
4. El producto seco se lo peso, para saber el rendimiento con la siguiente fórmula

$$MEE = \frac{\text{masa de aceite encapsulado}}{\text{masa total de aceite en el producto}} \times 100$$

## 2.9 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza ANOVA con un nivel de significancia del 95%, para determinar el efecto de los factores de atomización: relación de encapsulantes, temperatura y flujo de bomba; sobre las variables de respuesta del encapsulado seco: humedad, rendimiento, eficiencia y densidad aparente. El análisis se realizó en el programa estadístico Statgraphics Centurion 18.

La combinación de factores arrojó la siguiente tabla de experimentos:

**Tabla 7**

*Cuadro de experimentos para el secado por atomización de las emulsiones de aceite de maracuyá*

Número de experimento	Relación de Goma Arábica - Maltodextrina	Temperatura de Secado °C	% flujo de alimentación en bomba
1	1 : 3	140	30
2	3 : 1	140	20
3	1 : 3	160	20
4	3 : 1	160	30
5	1 : 3	140	30
6	3 : 1	140	20
7	1 : 3	160	20
8	3 : 1	160	30

## Capítulo tres

### Resultados y discusión

#### 3.1 Extracción de aceite de maracuyá

La extracción de aceite de maracuyá se realizó mediante un equipo tipo molino para extraer aceites, del cual se obtuvo un peso inicial de 1,325 kg de semilla se procesó hasta obtener una cantidad total de 220 mL de aceite puro.

**Figura 7**

*Aceite total libre de impurezas*



El cálculo del rendimiento permitió tener los siguientes resultados, 0.166 ml/g en base seca, y con una base húmeda un total de 0,044 ml/g.

#### 3.2 Caracterización del aceite de maracuyá

Como se mencionó en el apartado anterior se determinaron propiedades fisicoquímicas del aceite, a continuación, se muestran los resultados.

**Tabla 8**

*Resultados de la caracterización fisicoquímica del aceite de maracuyá*

PARAMETROS	NORMA NTE INEN	RESULTADOS	REFERENCIAS
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	35	0,82 g/cm <sup>3</sup>	0,93 NTC 336
Índice de refracción	42	1,4725	1,4641 NTC 289
Humedad y mat. Volátil (%)	39	0,09%	0,13 NTE INEN-ISO 662:2013
Acidez (pH)	38	2,25 pH	2,56 < 4 NTC 218

Los datos mostrados en la tabla 8 se comparan con las referencias de INEN y NTC. Con estos datos se puede decir que la densidad se encuentra por debajo y esto nos beneficia, para que el aceite sea más ligero. De acuerdo con el Instituto Nacional de Normas Técnicas de Ecuador (INEN), el Índice de Refracción NTE INEN 42 para la extracción de aceite de maracuyá establece que el índice de refracción del aceite de maracuyá debe ser de 1,47 a 1,50 para que sea de calidad.

La humedad y material volátil se encuentra por debajo de la referencia, este valor indica que el aceite se puede conservar de una manera mejor. La acidez es baja, por lo que se cree que la fruta aún estaba en periodo de maduración.

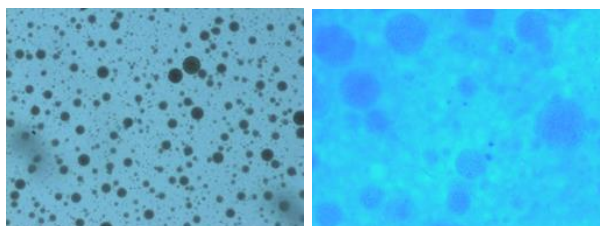
### 3.3 Encapsulación del aceite

#### 3.3.1 Preparación de emulsiones

Las emulsiones se prepararon de acuerdo al procedimiento indicado en el apartado de metodología 2.6.1. Como control de la correcta formación de las emulsiones se muestran imágenes obtenidas en el microscopio óptico donde se puede observar esferas correspondientes al aceite atrapado en el interior de las microcápsulas.

**Figura 8**

*Encapsulado con Maltodextrina – Goma Arábiga*



Estas microesferas tienen una cáscara de material biodegradable que se rompe cuando se aplica calor, liberando el aceite de maracuyá. Esto significa que el aceite se libera lentamente en el cuerpo, lo que permite que los nutrientes se absorban con mayor eficacia (Requejo, 2020). Esto también mejora la estabilidad del aceite, ya que evita que el aceite se evapore o se desgaste con el tiempo. El aceite de maracuyá encapsulado también es más

fácil de digerir, lo que significa que los nutrientes se absorben con mayor rapidez y eficiencia. Esta es una forma segura y eficaz de aprovechar los beneficios del aceite de maracuyá.

### 3.3.2 Rendimiento de la emulsión

En la tabla 9 se presenta el promedio del rendimiento de los 8 encapsulados realizadas, se obtuvo del 78,35% rendimiento de atomización para todos los experimentos, los cuales estuvieron entre 13,16 g y 16,44 g.

**Tabla 9**

*Rendimiento de atomización*

Relación	Temperatura	Flujo de bomba	Promedio de Rendimiento %	Desviación estándar
1.3	140	30	78,35	8,53
3.1	140	20	79,92	12,42
1.3	160	20	83,57	7,49
3.1	160	30	79,57	11,39

El análisis estadístico (Apéndice J) mostró que ningún valor-P es menor que 0.05, ninguno de los factores tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre Rendimiento con un 95,0% de nivel de confianza.

Se comparo con una tesis de encapsulado de limón y se tiene un rendimiento de 86.83%, en comparación a este trabajo es del 83.57%, por lo tanto, se puede decir que se obtuvo un buen rendimiento trabajando en estas operaciones (Jimenez, 2022).

## 3.4 Caracterización de los encapsulados

### 3.4.1 Humedad de los encapsulados

Como se puede observar en la tabla 10, puesto que ningún valor-P es menor que 0,05, ninguno de los factores tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Humedad con un 95,0% de nivel de confianza.

Se pudo observar los resultados de la humedad de encapsulación con goma arábica – maltodextrina fueron del 0,62% y 1,69%. Se obtuvieron cuatro pesos con valores promedios en los encapsulados con GA y MD un valor de Se tomaron cuatro pesos de cada muestra

encapsulada teniendo como promedio en los encapsulados con goma arábica entre 0,15 – 2,45% de humedad (Apéndice K).

**Tabla 10**

*Principales registros de Humedad*

Relación	Temperatura	Flujo de bomba	Promedio de Humedad %	Desviación estándar
1.3	140	30	1,69	0,9828
3.1	140	20	1,06	1,4644
1.3	160	20	0,62	0,6646
3.1	160	30	1,59	1,2162

En un estudio realizado comparan los métodos de secado y atomización, demostrando que se obtienen unos resultados muy eficaces por el método de atomización, ya que este método logra atomizar productos con una mínima estructura porosa. Gallo y Cevallos (2014).

### **3.4.2 Determinación de la eficiencia del encapsulamiento**

Siguiendo el proceso mencionado en la metodología se procedió a analizar la eficiencia de encapsulamiento, los resultados se presentan a continuación:

**Tabla 11**

*Eficiencia de Encapsulamiento*

Relación	Temperatura	Flujo de bomba	Promedio de Eficiencia %	Desviación estándar
1.3	140	30	78,0	16,97
3.1	140	20	73,0	29,69
1.3	160	20	85,5	9,19
3.1	160	30	83,5	2,12

Como se observa en la tabla, puesto que ningún valor-P es menor que 0,05, ninguno de los factores tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Eficiencia con un 95,0% de nivel de confianza.

También se observa los resultados de eficiencia de encapsulación de GA-MD fueron del 16,97% y 29,69% (Apéndice L).

En una investigación sobre la eficiencia de microencapsulación nos dice que hay valores del 90%, lo cual este método permite establecer que proporción de materiales encapsulantes sería la más adecuada para el atrapamiento del compuesto bioactivo. Pastuña (2016) y López, Márquez, Mayo, Toledo y Pérez (2009),

### **3.4.3 Densidad de los encapsulados**

La densidad es uno de los parámetros clave para evaluar la calidad del aceite. Como se puede observar en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Densidad de los encapsulados*

<b>Relación</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Flujo de bomba</b>	<b>Promedio de Densidad</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>1.3</b>	140	30	0,4015	0,070
<b>3.1</b>	140	20	0,4245	0,122
<b>1.3</b>	160	20	0,42	0,106
<b>3.1</b>	160	30	0,359	0,033

Puesto que ningún valor-P es menor que 0,05, ninguno de los factores tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Densidad con un 95,0% de nivel de confianza.

Los resultados de la densidad de encapsulación con GA – MD fueron del 0,359 y 0,4245 (Apéndice M).

Según la norma NTE INEN 35 establece que la densidad relativa del aceite de maracuyá debería ser de 0,907 a 0,923 g/cm<sup>3</sup>. Esta norma también establece que los aceites de maracuyá con una densidad relativa inferior a 0,907 o superior a 0,923 no cumplen los requisitos de calidad establecidos (Alvarado y Sandoval, 2018).

## Conclusiones

La extracción del aceite de semillas de maracuyá permitió tener un aceite amarillo, ligero en densidad y con agradable olor a la fruta, el rendimiento fue de 0,044 mL/g de semilla BH y 0,16 mL/g de semilla BS.

La caracterización del aceite de maracuyá mostró los siguientes valores, densidad 0,82 g/mL, humedad 0,99%, acidez 2,25, índice de refracción 1,4725.

Se logró el encapsulamiento del aceite de semilla de maracuyá a través del proceso de emulsión y secado de emulsión por atomización, el rendimiento de atomización estuvo en el rango de 71,14% a 88,86% y la eficiencia de encapsulamiento de 52% a 94%

La caracterización de los encapsulados mostró los valores de humedad de 0,15% a 2,45%, y densidad aparente de 0,4245g/mL a 0,359 g/mL.

Los parámetros óptimos de atomización con rendimiento del 83,57% se obtuvieron con relación 3:1 Goma arábica:Maltodextrina a una temperatura de 160°C y un flujo de bomba de 20%.

### **Recomendaciones**

Para futuras investigación, para mejorar la eficiencia de encapsulamiento del aceite se podría disminuir la cantidad de aceite en la formulación o variar el tensoactivo para aumentar el número de esferas en el emulsionamiento.

Considerar el realizar otros ensayos con el equipo spray dryer a diferentes valores de proceso, para mejorar la eficiencia y características de los polvos a través de ensayos de estabilidad.

Realizar el análisis químico de componentes en el aceite de maracuyá para conocer la proporción de omega 3 y omega 6 y el grado de saturación del aceite.

Industrializar el encapsulado obtenido a través del aceite de maracuyá para utilizarlo como suplemento alimenticio, ya que tiene muchas propiedades medicinales, para disminuir enfermedades.

Además, se sugiere realizar un estudio donde sea basado en las normas de calidad para el consumo humano.

Para lograr una mejor visión de las esferas atomizadas se podía haber analizado mediante la microscopía electrónica de barrido, ya que en este equipo se puede llegar a observar de una manera mejor las esferas y nos puede dar datos más exactos en relación al tamaño y textura de la muestra.

## Referencias

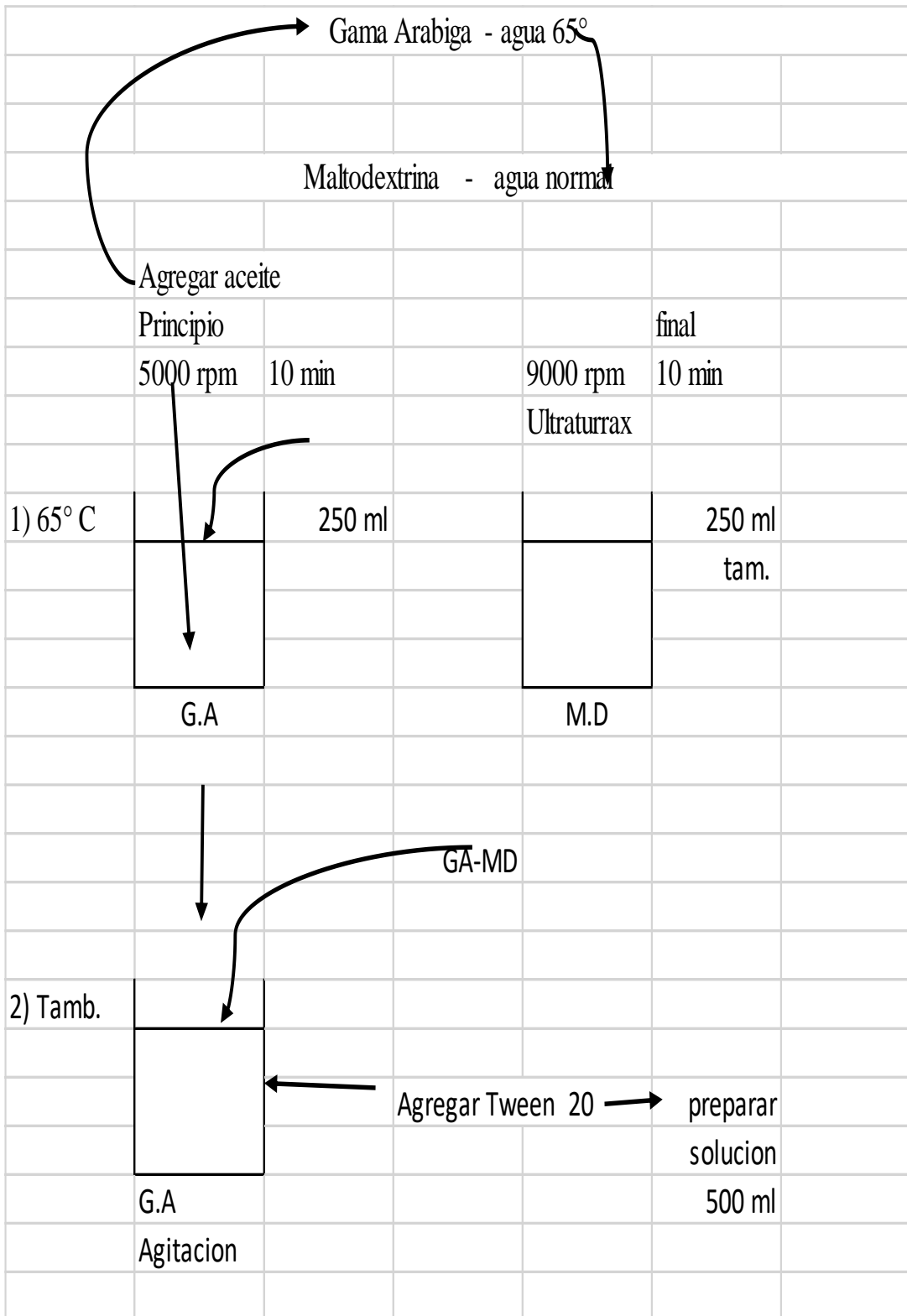
- Ayala-Martínez, C., Henriot, P., & Palacios-Ontalva, J. (2016). Orígenes y desarrollo de la guerra santa en la Península Ibérica: palabras e imágenes para una legitimación (siglos X-XIV). *Orígenes y desarrollo de la guerra santa en la Península Ibérica*, 1-405.
- Caicedo, D., & Chamba-Sánchez, M. (2016). Elaboración y estandarización de microencapsulados de aceites esenciales de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y hojas de ishpink (*Ocotea quixos*) como aditivos nutricionales para piscicultura [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Quito, Ecuador.
- Castillo, J. (2018). Evaluación de pectinas cítricas de toronja (*Citrus paradisi* var. Star Ruby) y mandarina (*Citrus reticulata* blanco var. Tangerina) como agentes encapsulantes de extractos acuosos de *Stevia rebaudiana* Bertoni . *Tesis de maestría, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco*. Jalisco, México.
- Curasma-Poma, E., & Inga-Solano, R. (2019). Efecto de presión y temperatura en el rendimiento, características fisicoquímicas y perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de *Passiflora tripartita* extraído con CO<sub>2</sub> supercrítico [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Huancavelica].
- Cruz, R., & Meléndez, C. (2004). Obtención, refinación y caracterización de aceite de semilla de *Passiflora edulis* flavicarpa (Maracuyá) [Tesis de Grado, Universidad de El Salvador]. El Salvador.
- De la Torre-Santos, S., Vicente-Mainar, F., Martín, R., & Royo, L. (2021). Identificación de biomarcadores específicos para autenticar el origen y el sistema de alimentación del vacuno lechero [Tesis de Doctorado, Universidad Zaragoza].
- Dickinson, E., Ritzoulis, C., & Povey, M. (1999). Stability of emulsions containing both sodium caseinate and Tween 20. *Journal of Colloid and Interface Science*, 212(2), 466-473.
- García-Cerqueda, C. (2019). Evaluación de agentes encapsulantes y su efecto en las propiedades fisicoquímicas de los polvos de miel secados por aspersion [Tesis de Maestría en Ciencias, Instituto Politécnico Nacional Oaxaca].
- Gallo-Nunura, M., & Cevallos-Vera, M. (2014). Estudio comparativo d la deshidratación del aguaymanto (*Physalis peruvianum*) mediante atomización y liofilización utilizando agentes encapsulantes en la retención de la vitamina C [Tesis de Grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
- Haro, J., Fonseca, G., & Zamora, P. (20 de octubre de 2020). Caracterización y Tipificación De La Cadena Agroproductiva Del Cultivo De Maracuyá (*passiflora edulis* L) Pedernales, Manabí, Ecuador. *KnE Engineering*, 697-716.

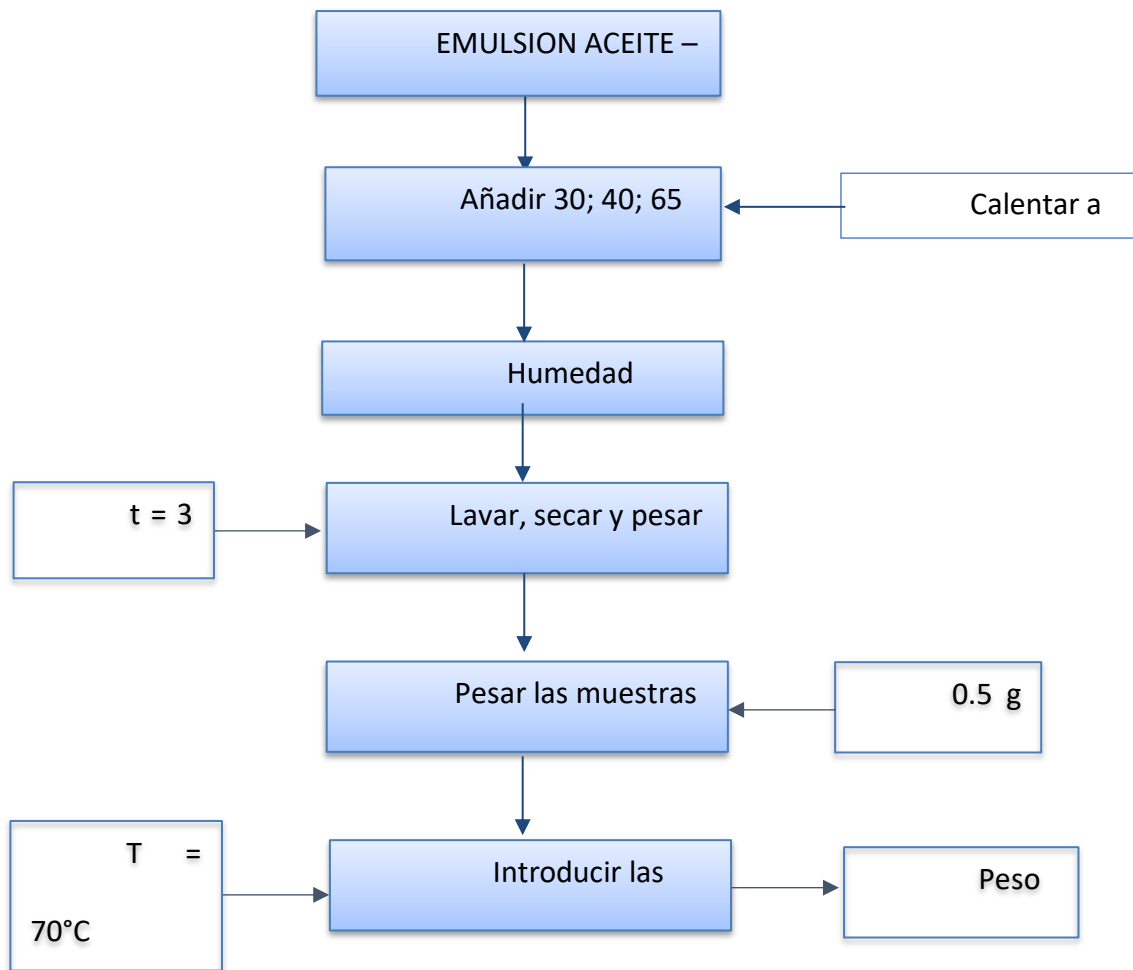
- Hipo-Hipo, P. (2021). Estudio de una mezcla de sacarosa más mora (*Rubus glaucus*) liofilizada para su aplicación en la industria alimentaria [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Hoyos-Zagaceta, J., & Sánchez-Zavaleta, S. (2019). CARACTERIZACIÓN DEL Aceite de semilla de Maracuyá (*Passiflora edulis* S.), extraído con solvente orgánico y prensado en frío. *Tesis de Grado, Universidad de Señor de Sipán*. Chiclayo, Perú.
- Lee, K., & Mooney, D. (2012). Alginate: properties and biomedical applications. *Progress in polymer science*, 37(1), 106-126.
- Lliguisaca-Sánchez, J. (2017). Análisis de riesgos físicos, mecánicos, ergonómicos, químicos en área de producción aplicando Método INSHT [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil]. Guayaquil, Ecuador.
- Lopera, S., Guzmán, C., Cataño, C., & Gallardo, C. (2009). Desarrollo y caracterización de micropartículas de ácido fólico formadas por secado por aspersión, utilizando goma arábica y maltodextrina como materiales de pared. *Vitae*, 16(1), 55-65.
- Martínez-Gómez, J., & García-Narváez, E. (2022). Caracterización de las mezclas de aceite de semillas de maracuyá y pepa de aguacate como material cambio de fase [Tesis de Maestría, Universidad Internacional SEK].
- Mendoza-Orozco, R. (2020). Comparación de hidrocoloides en el proceso de microencapsulamiento de aceite de ajonjolí [Tesis de Grado, Universidad Autónoma del Estado de México].
- Moscoso-Mesías, G., & Terán-Arroyo, M. (2013). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de aceites esenciales de maracuyá ubicada en la ciudad de Quito de la provincia de Pichincha [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Quito, Ecuador.
- Nireesha, G., Divya, L., Sowmya, C., Venkateshan, N., & Lavakumar, V. (2013). Lyophilization/freeze drying-an review. *International journal of novel trends in pharmaceutical sciences*, 3(4), 87-98.
- Pantoja-Chamorro, A., Hurtado-Benavides, A., & Martínez-Correa, H. (2017). Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) procedentes de residuos agroindustriales obtenido con CO<sub>2</sub> supercrítico. *Acta Agronómica*, 66(2), 178-185.
- Pastuña-Pullutasig, A., López-Hernández, O., Debut, A., Vaca, A., Rodríguez-Leyes, E., Vicente, R., . . . Tapia-Hernández, F. (2016). Microencapsulation of oil sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) by spray drying. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 45(3), 422-437.
- Pinzón, I., Fischer, G., & Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83-95.

- Proaño, J., Rivadeneira, E., Moncayo, P., & Mosquera, E. (2020). Aceite de maracuyá (*Passiflora edulis*): Aprovechamiento de las semillas en productos cosméticos. *Enfoque UTE*, 11(1), 119-129.
- Sihuayro, D. (2013). Evaluación del rendimiento en la extracción del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) del ecotipo predominante en el valle del río Apurímac (Ayacucho) y su caracterización físico-química y sensorial [Tesis de Grado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna].
- Tabio, D., Díaz, Y., Rondón, M., Fernández, E., & Piloto, R. (5 de Mayo de 2017). Extracción de aceites de origen vegetal [Monografía, Universidad Tecnológica de La Habana].
- Vega-Picón, M. (2015). Evaluación de la eficacia del aceite esencial de *Curcuma longa* L. como conservante en una formulación cosmética orgánica [Tesis de Máster, Universidad Politécnica Salesiana]. Quito, Ecuador.

Apéndice

Apéndice A. Preparación de la emulsión aceite – agua



**Apéndice B. Determinación de humedad**

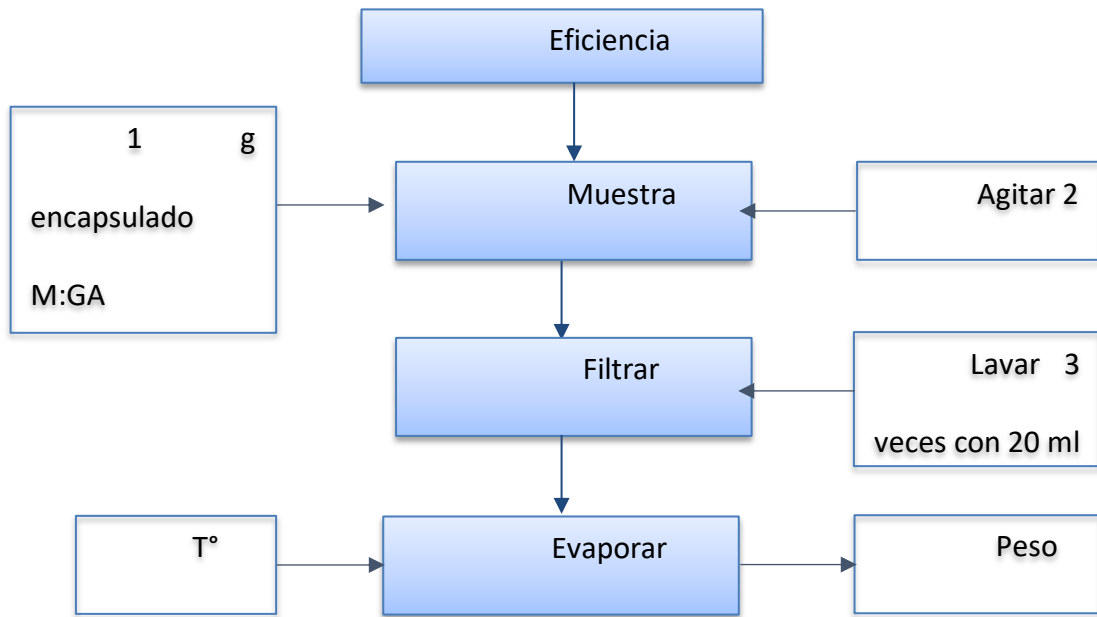
**Apéndice C. Determinación de la eficiencia**

TABLA 1 : CONCENTRACION CON GOMA ARABIGA Y MALTODEXTRINA					
	BLOQUE	GA-MD	TEMP. °C	FLUJO BOMBA %	PESO TOTAL
# 1	1	1 : 3	140	30	13,38 g
# 2	1	3 : 1	140	20	13,16 g
# 3	1	1 : 3	160	20	16,44 g
# 4	1	3 : 1	160	30	13,23 g
# 5	2	1 : 3	140	30	15,61 g
# 6	2	3 : 1	140	20	16,41 g
# 7	2	1 : 3	160	20	14,48 g
# 8	2	3 : 1	160	30	16,21 g
	A Flujo 20 el tiempo fue		30 min en pasar muestra		
	A Flujo 30 el tiempo fue		15 min en pasar muestra		

## Apéndice D. Materia prima

**Figura 9**

*Lavado de materia prima*



*Se separó la pulpa en la despulpadora*



*Se llevo la pulpa a la despulpadora*



*Semillas listas para colocar en el deshidratador*



*Semillas en el deshidratador*



*Semillas deshidratadas*



*Semillas listas para colocar en el extractor de aceite*



## Apéndice E. Equipos

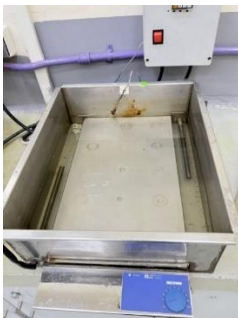
*Estufa*



*Agitador magnético para preparar emulsiones*



*Baño maria*



*Deshidratador*



*Atomizador*



*Encapsulante Maltodextrina*



*Tween 20*



## Apéndice F. Materiales

## Apéndice G. Extracción de Aceite

*Maquina manual para extraer aceites esenciales*



*Proceso de extraccion de aceite*



*Aceite libre de impurezas*



*Torta seca de semillas de maracuyá*



*Herramientas que conforman la maquina extractora de aceite*



**Apéndice H. Preparacion de Emulsiones**

*Aceite restante luego de hacer pruebas*



*Preparación de emulsiones*



## Apéndice I. Secado

### *Proceso de emulsión*



### *Equipo de atomización*



### *Capsulas de maracuyá atomizadas*



### *Cápsulas de maracuyá atomizadas*



**Apéndice J. Análisis de Varianza para Rendimiento - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Relacion GA-MD	2,95245	1	2,95245	0,03	0,8739
B:Temperatura	11,8098	1	11,8098	0,11	0,7521
C:Flujo de alimentación	15,5125	1	15,5125	0,15	0,7180
RESIDUOS	412,739	4	103,185		
TOTAL (CORREGIDO)	443,013	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Apéndice K. Análisis de Varianza para Humedad - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Relacion GA-MD	0,0578	1	0,0578	0,05	0,8407
B:Temperatura	0,15125	1	0,15125	0,12	0,7462
C:Flujo de alimentación	1,28	1	1,28	1,02	0,3701
RESIDUOS	5,0295	4	1,25738		
TOTAL (CORREGIDO)	6,51855	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Apéndice L. Análisis de Varianza para Eficiencia - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Relacion GA-MD	24,5	1	24,5	0,08	0,7941
B:Temperatura	162,0	1	162,0	0,51	0,5128
C:Flujo de alimentación	4,5	1	4,5	0,01	0,9106
RESIDUOS	1259,0	4	314,75		
TOTAL (CORREGIDO)	1450,0	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Apéndice M. Análisis de Varianza para Densidad - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Relacion GA-MD	0,000722	1	0,000722	0,09	0,7794
B:Temperatura	0,0011045	1	0,0011045	0,14	0,7297
C:Flujo de alimentación	0,003528	1	0,003528	0,44	0,5440
RESIDUOS	0,032173	4	0,00804325		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0375275	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual