

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

I. ANTECEDENTES

1.1 Generalidades

El aceite vegetal es una sustancia orgánica obtenida a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía.

La composición química de los aceites vegetales corresponde en la mayoría de los casos a una mezcla de 95% de triglicéridos (triésteres formados por la reacción de los ácidos grasos) y 5% de ácidos grasos libres, esteroides, ceras y otros componentes minoritarios. (Tabio García & otros, 2017)

El Aceite de Nuez es un producto extraído propiamente de la nuez por distintos métodos como por solvente o prensado en frío, se puede decir que este aceite es uno de los más difíciles de conseguir, ya que se daña y pierde sus propiedades fácilmente al exponerlo a temperaturas elevadas.

Debido a que es un aceite delicado que se daña fácilmente su venta es normalmente cerca o exclusiva al lugar donde se produce.

El aceite de nuez es rico en ácidos grasos, tales como ácidos poliinsaturados y ácidos monoinsaturados, que son beneficiosos para la salud del ser humano.

Este preciado aceite puede ser utilizado para preparar recetas y ser ingerido con facilidad y sin problema y gracias a los contenidos de vitamina B este aceite es bastante bueno para fines estéticos, cosméticos y alimenticios.

La nuez es el fruto seco más saludable gracias a la equilibrada composición de sus grasas, solo el 9% es grasa saturada, entre el 14-18% es la grasa beneficiosa monoinsaturada y entre el 73-77% es la poliinsaturada, de la cual, el 13% es de la familia omega 3. Este es parte del secreto de la propiedad más estudiada de las nueces. (BBC, 2011)

1.2 Producción de aceite de nuez (*Juglans regia L*) en el mundo

Según los estudios publicados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción mundial de aceite de nueces fue de 6,97 millones de toneladas aproximadamente. En el período 2000-2014, la producción mundial de nueces creció un 3,7% de promedio cada año.

Entre los principales países productores de este preciado aceite encontramos: China, India, Estados Unidos, Nigeria, Irán y México.

Por otra parte, los principales destinos de consumo de este producto se encuentran en China, con un 23% del consumo mundial, India con un 12%, Estados Unidos con un 9% y por último Iran con un 6%

Entre las mejores marcas que ofrecen aceites de nueces a nivel mundial están:

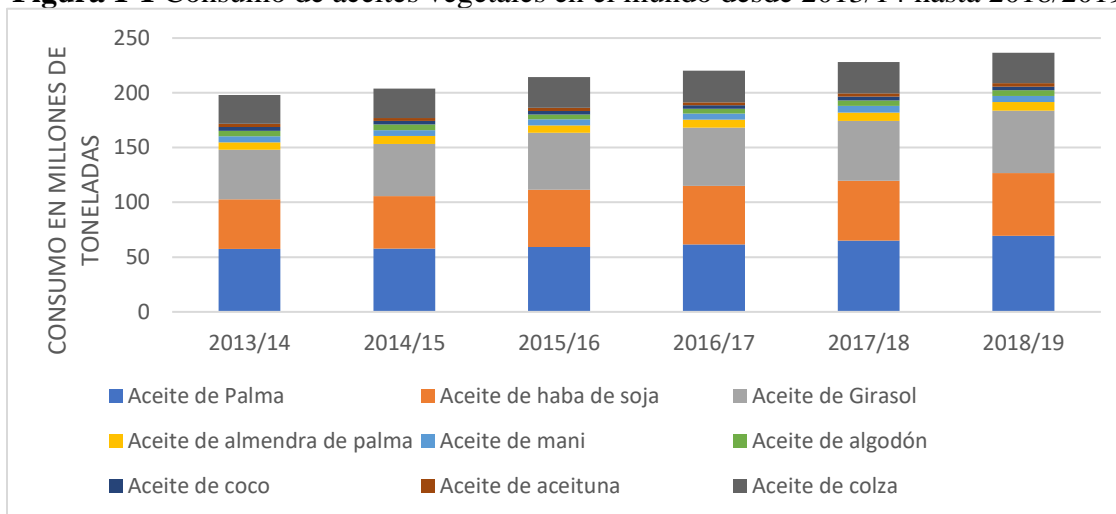
Tabla I-1 Mejores marcas de aceite de nuez en el mercado

Marca	País
La Española	España
Tourangelle	Francia
Naturgreen	España

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al mercado consumidor de los aceites vegetales se expresa en la figura 1-1 que hay un crecimiento exponencial de consumo de los aceites vegetales.

Figura 1-1 Consumo de aceites vegetales en el mundo desde 2013/14 hasta 2018/2019



Fuente: (statista, 2019)

Esta estadística muestra el consumo global de aceites vegetales desde 2013/14 hasta 2017/18, por tipo de aceite, y proporciona un pronóstico para 2018/19. En 2017/18, el consumo de aceite de girasol fue de 17,63 millones de toneladas métricas en todo el mundo. La producción mundial de aceite vegetal ascendió a alrededor de 198 millones de toneladas métricas en 2016/2017. (statista, 2019)

1.3 Producción de aceite de nuez (*Juglans regia L*) en Sudamérica

En cuanto a la producción de aceite nuez (*Juglans regia L*) en Sudamérica, no existen grandes empresas que lo produzcan, los principales países productores de este aceite son Argentina y Chile, pero todo de manera artesanal o a una baja escala.

Uno de los principales obstáculos para este tipo de emprendimiento es la falta de conocimiento de las condiciones adecuadas para la obtención de aceites de buena calidad química y la conservación de los mismos. (Martinez, conicet, 2010)

1.4 Producción de aceite de nuez (*Juglans regia L*) en Bolivia

En cuanto a la producción de aceite de nuez virgen (*Juglans regia L*), en Bolivia no se cuenta con ninguna industria que produzca este tipo de aceite, esto es debido a que Bolivia no es un gran productor de nuez, y lo que se produce solo se lo comercializa como fruta en sí.

1.5 Usos, aplicaciones y beneficios del Producto

El aceite de nuez común tiene las siguientes propiedades y usos, que lo hacen útil tanto para el uso cosmético, alimenticio y farmacéutico.

Antiséptico: reduce el riesgo de contraer una infección en una herida abierta.

Antiinflamatorio: debido a los ácidos grasos omega 3 en el aceite de nuez, es muy antiinflamatorio.

Antibacteriano: mata muchas cepas de bacterias.

Antifúngico: el aceite de nuez es un potente anti fúngico, especialmente contra el hongo Cándida.

Laxante: promueve el vaciamiento regular de los intestinos.

Analgésico: analgésico natural.

Antihipertrigliceridémico: reduce el riesgo de desarrollar niveles altos de triglicéridos en la sangre.

Anti-envejecimiento: puede retardar el envejecimiento desde dentro.

Piel regenerativa: promueve la regeneración de las células de la piel para reemplazar las células muertas que se desprenden.

Tónico para la piel: ayuda a lograr una piel tonificada que combate la flacidez de la piel.

Emoliente: Crema hidratante fina de la piel.

Anti-cáncer: el aceite de nuez puede tener propiedades potenciales contra el cáncer contra una amplia variedad de cánceres. Estos están siendo evaluados. Esto se puede atribuir a los ácidos grasos omega-3 y otros Fito nutrientes en el aceite de nuez como el elgitannins.

Antioxidante: elimina los radicales libres antes de que dañen el ADN y las mitocondrias de nuestras células.

Pérdida de peso: el aceite de nuez puede tener pérdida de peso, similar al té verde.

Agente de acabado de la madera: el aceite de nuez pule la madera y la hace lucir mejor, mantiene la madera protegida. (oilhealthbenefits, 2019)

1.6 Procesos Tecnológicos empleados.

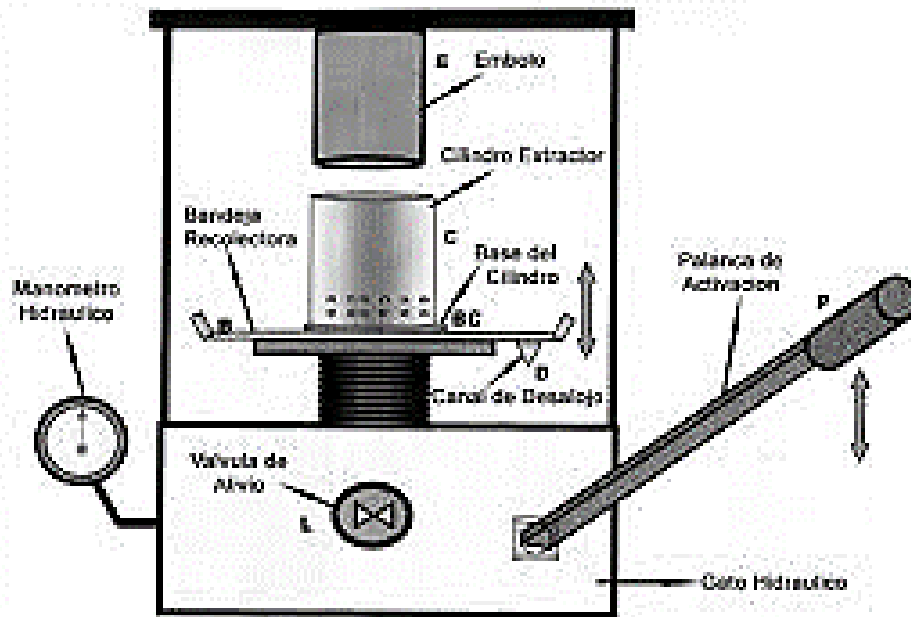
De acuerdo a bibliografía consultada existen diferentes alternativas de procesos tecnológicos para la extracción de aceites vegetales, de las cuales las que más sobresalientes son:

- Prensado en frío
- Extracción por solvente (Soxhlet)

1.6.1 Prensado en frío.

Partiendo de la semilla limpia y lista para ser utilizada, el primer paso en la obtención de aceites es la molienda o molturación de la semilla, la cual se realiza con molinos a martillos, cilindros o espolones. La finalidad de esta etapa es colapsar las estructuras vegetales para que el aceite sea liberado de la semilla. Según las características del aceite, se puede plantear o no el refinado en tanques especiales de acero inoxidable. Los pasos a seguir son los siguientes: Las semillas ya molidas pasan a un acondicionador donde se obtienen una masa homogénea. La masa pasa a una prensa de tornillo, que en un sólo paso prensa la masa separando el aceite y dejando una "torta proteínica". Este pasa a un tamiz vibratorio con el fin de proceder a una primera etapa de filtración de grandes impurezas y luego tamizado pasa a un filtro del que se obtiene crudo filtrado. (Tabio Garcia & otros, 2017)

Figura 1-2 Prensa hidráulica de extracción de aceite



Fuente: (ResearchGate, 2019)

1.6.2 Extracción por solvente (Soxhlet).

La extracción por solventes es un proceso que implica la extracción de aceite de los materiales que lo contienen mediante el tratamiento con disolventes, en comparación con la extracción de los aceites por métodos mecánicos de presión, como expulsores o prensas hidráulicas. Con el método de extracción con disolventes se recupera casi todo el aceite, dejando tras de sí solo del 0,5% al 0,7% de aceite residual en la materia prima.

En toda planta de extracción con disolvente existen algunos procesos que debe llevar a cabo:

Preparación de la materia prima.

Proceso de extracción.

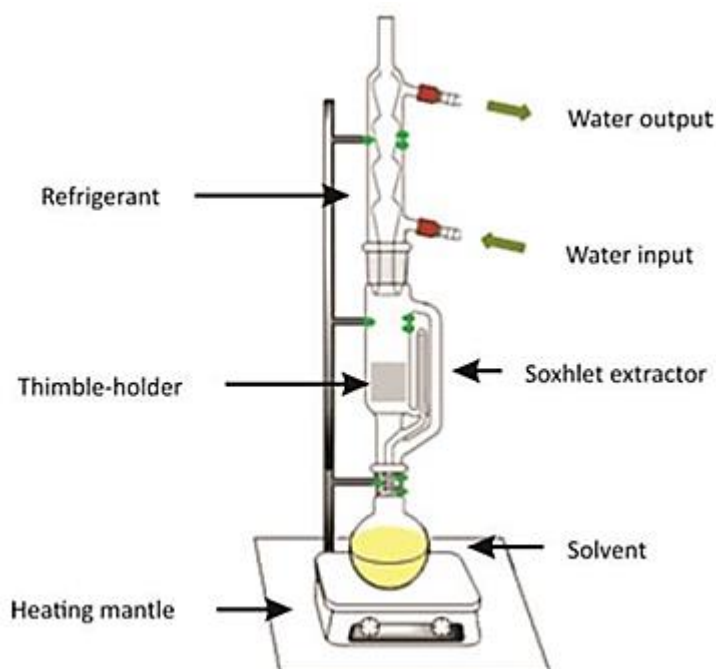
Desolventización de material extraído.

Destilación de miscela.

Recuperación de solventes por absorción.

Producto acabado y envasado. (KMEC Engineering, 2019)

Figura 1-3 Extractor Soxhlet



Fuente: (Cotegno, 2019)

1.7 Producción de nuez (*Juglans regia L*) en el mundo

El consumo mundial de nueces ha tenido un crecimiento constante durante los últimos 13 años, mostrando algunos cambios en las formas de consumo. Tanto en Estados Unidos, como en Europa ha aumentado la demanda por nueces sin cáscara, y además se ha visto una tendencia creciente hacia el consumo de productos naturales, sin agentes químicos en su limpieza o blanqueado. (Dominguez, 2019)

El mercado mundial de la nuez de nogal está encabezado por Estados Unidos que es el segundo productor, pero primer exportador, mientras que China es el primer productor, pero destina la mayor parte de su producción al mercado interno. Otros países fuertes en el mercado mundial de nuez de nogal son: Francia, México y Chile. (Posada, 2019)

Los datos más recientes de producción de nuez a nivel mundial, publicados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señalan que en el 2014 la producción mundial alcanzó 6.97 millones de toneladas. (Gallegos Cedillo, 2017)

Tabla 1-2 Los Principales Países Productores De Nueces en el Mundo

N°	País	Producción de nueces, 2019 / 20 (toneladas)
1	China	1 785 879
2	Estados Unidos	607 814
3	Irán	405 281
4	Turquía	195 000
5	México	141 818
6	Ucrania	107 990
7	Chile	73 529
8	Uzbekistán	53 116
9	Francia	39 410
10	Rumania	34 095

Fuente: (Ripleybelieves, 2019)

1.8 Producción de nuez (*Juglans regia L*) en Bolivia.

La producción de nuez en Bolivia llega a cubrir aproximadamente el 30% de la demanda nacional, el porcentaje restante se importa de Chile y Argentina generalmente países que son los principales productores de Sudamérica.

En la actualidad el departamento del sur de Bolivia, Tarija, es el principal productor de nuez con más de 600 hectáreas que representa el 60% de la producción nacional y el 40% restante lo cubren los departamentos de Cochabamba y Chuquisaca

En lo que se refiere a la nuez criolla tiene un rendimiento de alrededor de 1000 kg/ha, pero con las variedades nuevas, se pretende llegar a 5000 kg/ha.

La mayor cantidad de producción de nuez son los valles de Tarija, principalmente Paicho, Sella, Tomayapo, Erquis, Orozas, Chaguaya y el Valle Central. El aumento de la producción

de la nuez puede convertirla en el segundo producto más importante económicamente hablando del departamento de Tarija, después de la vid, ya que en el mercado local el Kg de nuez cuesta entre 60 y 70 Bs (Rivera M, 2016)

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Extraer experimentalmente Aceite virgen de Nuez (*Juglans regia L*) cultivada en el departamento de Tarija, mediante prensado en frío.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la materia prima: Nuez (*Juglans regia L*), producida en el departamento de Tarija.
- Describir el producto a obtener: Aceite Virgen de Nuez tomando en cuenta normas y estándares de producción vigentes en el mercado exterior.
- Describir los métodos para la extracción experimental de Aceite virgen de Nuez.
- Diseñar y ejecutar la fase experimental para el proceso de extracción de Aceite de Nuez virgen.
- Caracterizar el tipo y calidad del producto obtenido: Aceite virgen de Nuez (*Juglans regia L*) producida en el departamento de Tarija.
- Determinar el rendimiento experimental de Aceite virgen de Nuez obtenido.

III. JUSTIFICACIÓN

3.1 Justificación Socio-Económico

La nuez tiene un alto contenido de aceite que supera el 50% al realizar una extracción, por lo que haciendo un balance de materia por cada 1000 gramos de nuez sin cascara se obtendría arriba de 500 ml de Aceite de Nuez. (Martinez, 2019)

La extracción del aceite de nuez dará un valor agregado a este recurso natural ya que el kg de nuez en el mercado cuesta entre 60Bs y 70 Bs mientras que el aceite obtenido de la nuez cuesta en un promedio de 14.90 euros en el mercado exterior, lo que equivale a 115 bs aproximadamente, los 250 ml.

En Bolivia no se encuentra este tipo de aceite por lo que se dificulta tener un valor del mercado local.

Al darle un valor agregado a la nuez mejoraría el estilo de vida de las personas, del mismo modo se incentivaría a las personas productoras a ampliar las zonas de cultivo del nogal. Generando nuevos ingresos económicos a las personas que proveen de la materia prima.

3.2 Justificación Tecnológica

Se validará un proceso tecnológico con los parámetros y datos necesarios para futuros proyectos de instalación de industrias que aprovechen las propiedades del aceite de nuez en campos cosméticos, alimenticios, y otros.

3.3 Justificación Ambiental

La tecnología a aplicar no produce un impacto ambiental de manera negativa, con respecto a los desechos vegetales que se obtiene del proceso de la extracción se lo destinara como abono orgánico para los lugares donde se realizara la plantación de materia prima.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

CAPITULO II
MARCO TEORICO

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de los Aceite Vegetales

2.1.1 Definición

Las sustancias a partir de las cuales se producen los aceites son semillas o frutos. En realidad, todas las semillas y frutos contienen aceite, pero sólo los llamados oleaginosos sirven para la producción industrial de aceite.

Entre las semillas de plantas cultivadas por su aceite, las más conocidas son: el cacahuete, la colza, el ricino, la soja y el girasol. A estas se deben agregar las plantas cultivadas para la producción de fibras textiles y en segundo lugar aceite: algodón y lino principalmente. En cuanto a los frutos oleaginosos, estos provienen principalmente del cocotero (copra), del nogal, de la palma de aceite (palma y palmito) y del olivo (aceitunas). (Upcommons.upc.edu, 2019)

2.1.2 Etapas de acuerdo al proceso que pasan los aceites comestibles y no comestibles

De acuerdo al proceso los aceites comestibles y no comestibles atraviesan las diversas etapas, desde la obtención hasta su refinación, estos son:

- **Aceite vegetal:** Es un producto constituido por esteres glicéricos de ácidos grasos y sus fosfátidos asociados, esteroides, alcoholes, hidrocarburos y pigmentos, obtenidos de semillas oleaginosas o frutos por procesos industriales tales como extrusión, extracción de solventes orgánicos, calentamiento con vapor de agua, o cualquier combinación adecuada de esos procesos (Simons M. C., 2010).
- **Aceite vegetal virgen:** Los Aceites vegetales vírgenes son procedente de una sola variedad vegetal, que se caracterizan por conservar todas sus propiedades, aromas y sabor. obtenidos a partir de frutos sanos y bien conservados, exclusivamente por medios mecánicos como el prensado en frío.
- **Aceite vegetal crudo:** El aceite vegetal crudo es fundamentalmente aquel que proviene de la extracción por solvente, que contiene los elementos que le son propios, y cuya composición es la que corresponde a la cosecha y a la procedencia de las semillas oleaginosas o frutos de los que fue extraído (Simons M. C., 2010).

- Aceite vegetal neutralizado: El aceite vegetal crudo que ha sido sometido a procesos de eliminación de mucílagos y desacidificación por medios físicos o químicos, hasta que el valor de la acidez cumpla con lo indicado por la norma de especificaciones que corresponda (Simons M. C., 2010).
- Aceite vegetal semirrefinado: El aceite vegetal crudo que ha sido sometido a los siguientes procesos: eliminación de mucílagos y desacidificación por medios físicos o químicos, decoloración y filtrado (Simons M. C., 2010).
- Aceite vegetal refinado: El aceite vegetal semirrefinado que ha sido sometido a procesos de desodorización y eventualmente enfriado y refinado (Simons M. C., 2010).

2.1.3 Clasificación de los aceites vegetales

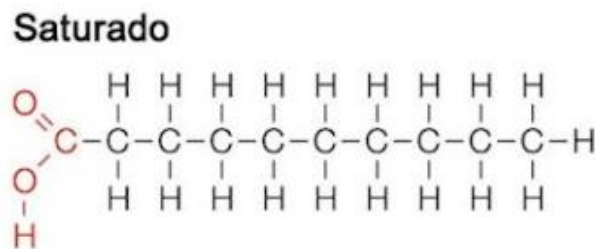
Los aceites vegetales pueden dividirse en cuatro grandes grupos:

- Los aceites saturados: Los aceites saturados son aquellos que están compuestos por grasas saturadas o ácidos grasos que son aquellos que químicamente, sus átomos de carbono (menos el átomo terminal) están unidos a dos átomos de hidrógeno, es decir, que están “saturados” de hidrógeno. Este tipo de grasas provienen del reino animal. (los aceites, 2019)

Estos aceites tienen un índice de yodo de 5-50.

Su estructura molecular es:

Figura 2-1 Estructura de ácidos grasos saturados



Fuente: (Velasquez, 2019)

Entre estos aceites están:

Lóricos: copra, palmito, babasú (etc.)

Palmíticos: palma

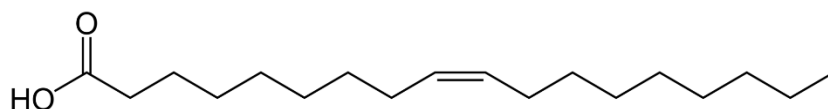
Esteáricos: karité

- Los aceites monoinsaturados: Los aceites monoinsaturados son aquellos que están compuestos por ácidos grasos monoinsaturados son un tipo de grasa que se caracteriza por la presencia de un doble enlace entre su cadena de carbono. Se clasifican dentro del grupo de las grasas insaturadas. En este grupo se encuentra el ácido oleico u omega 9, que son esenciales para el ser humano que se encuentran en muchos alimentos, tanto de origen animal como vegetal.

Estos aceites tienen un índice de yodo de 50-100.

Su estructura molecular es:

Figura 2-2 Estructura de ácidos grasos Monoinsaturados



Fuente: (El aceite, 2019)

Entre estos aceites están:

Oleicos: aceituna, cacahuete, colza, sésamo, jatropha curcas.

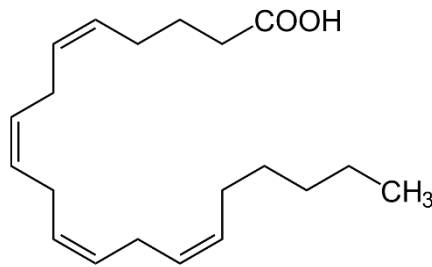
- Los aceites poliinsaturados: Son aquellos aceites que están compuestos por ácidos grasos poliinsaturados que poseen más de un doble enlace entre sus átomos de carbonos. En este grupo encontramos el ácido linolénico (omega 3 y el omega 6) que son esenciales para el ser humano.

Se pueden obtener de pescados azules y vegetales como maíz, soja, girasol, calabaza, nueces.

Este tipo de aceites tienen un índice de yodo de 100-150.

Su estructura molecular es:

Figura 2-3 Estructura de ácidos grasos poliinsaturados



Fuente: (Ecured, 2019)

Entre estos aceites están:

Linoleico: girasol, algodón, maíz, soja, nueces, etc.

2.2 Materia Prima: Nuez (*Juglans regia L*)

2.2.1 Origen de la Nuez (*Juglans regia L*)

Las nueces tienen una rica historia que se remonta a miles de años. Las nueces son la comida de árbol más antigua conocida por el hombre, que se remonta a 7000 aC. Los romanos llamaban nueces *Juglans regia*, "bellota real de Júpiter". La historia temprana indica que las nueces inglesas provenían de la antigua Persia, donde estaban reservadas para la realeza. Así, la nuez es a menudo conocida como la "nuez persa". Las nueces se intercambiaron a lo largo de la Ruta de la Seda entre Asia y el Medio Oriente. Las caravanas transportaban nueces a tierras lejanas y, finalmente, a través del comercio marítimo, extendiendo la popularidad de la nuez en todo el mundo. Los marines mercantes ingleses transportaban el producto para comerciar en todo el mundo y se conocían como "nueces inglesas". Hoy en día, el comercio de nueces sigue siendo un negocio bien establecido, ordenado y estructurado. (walnuts.org, 2019)

Figura 2-4 Nuez (*Juglans regia* L)



Fuente: (agrosintesis, 2017)

2.2.2 Taxonomía y morfología de la Nuez (*Juglans regia* L)

Tabla II-1 Taxonomía de la nuez

Nombre común:	Nogal
Nombre científico:	<i>Juglans Regia</i>
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fagales
Familia:	Juglandaceae
Género:	<i>Juglans</i>
Especie:	<i>J. Regia</i>

Fuente: (Alquimistscience.wordpress, 2011)

La nuez es el fruto del nogal (*Juglans Regia*). Pertenece a la familia de las juglandáceas que contiene unas 59 especies de árboles, todos ellos con hojas pinnadas. De todas ellas la que más destaca es el nogal común.

El nogal, es un árbol vigoroso de 24 a 27 m de altura, cuyo tronco puede alcanzar de 2 a 3 m de diámetro. Copa ramosa, extendida, de forma esférica comprimida. Tronco derecho, cubierto con una corteza cenicienta y gruesa, en las ramas jóvenes, lisa y de color rojo oscuro y en las viejas, agrietada y parda. Tiene raíces notablemente extendidas, tanto en sentido horizontal como vertical.

Las flores masculinas están dispuestas en amentos largos, de 6 a 8 cm, casi siempre solitarios, de color verde pardusco e insertas en la parte superior de las ramillas nacidas el año anterior, que en la floración están desprovistas de hojas. Las flores femeninas son solitarias o agrupadas en un número de una a cinco, en espigas terminales encima de los ramillos del año corriente y son llevadas por un pedúnculo corto y grueso. El receptáculo floral lleva un pequeño perigonio con tres o cuatro dientecitos; ovario ínfero adherente, con un óvulo, terminado por dos estilos cortísimos.

El fruto es una drupa, con mesocarpio carnoso y endocarpio duro, arrugado en dos valvas, y el interior dividido incompletamente en dos o cuatro celdas; semilla con dos o cuatro lóbulos y muchos hoyos (Jauregui Berho, 2006).

2.2.3 Composición de la nuez (*Juglans regia* L)

La nuez es un fruto seco muy energético y con un alto porcentaje de grasa en su composición. Los ácidos grasos saturados equivalen al 9% del total, los monoinsaturados (AGM) entre 14-18%, y los ácidos grasos poliinsaturados (AGP) entre 73-77%.

Las nueces son fuente de fibra y contienen hasta un 14% de proteínas. Además, es fuente importante de ácidos grasos omega 3. También tiene en su composición hierro, zinc, potasio, selenio, fósforo y magnesio.

Respecto a los minerales, una ración de nueces aporta el 10% de las ingestas recomendadas de fósforo para la población de estudio.

Es también fuente de vitaminas B1, B3 (niacina) y especialmente folatos y vitamina B6. (fen.org, 2019)

Tabla II-2 Composición nutricional de la nuez

	Por 100 g de porción comestible	Por ración (25 g)
Energía (Kcal)	611	153
Proteínas (g)	14	3,5
Lípidos totales (g)	59	14,8
AG saturados (g)	6,43	1,6
AG monoinsaturados (g)	9,19	2,3
AG poliinsaturados (g)	40,23	10,06
Omega-3 (g)	6,43	1,61
C18:2 Linoleico (omega-6) (g)	33,8	8,5
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	0
Hidratos de carbono (g)	3	0,8
Fibra (g)	5,2	1,3
Agua (g)	18,5	4,6
Calcio (mg)	77	19,3
Hierro (mg)	2,3	0,6
Yodo (µg)	9	2,3
Magnesio (mg)	140	35
Zinc (mg)	2,1	0,5
Sodio (mg)	3	0,8
Potasio (mg)	690	172,5

Fósforo (mg)	304	76
Selenio (µg)	19	4,8
Tiamina (mg)	0,3	0,08
Riboflavina (mg)	0,12	0,03
Equivalentes niacina (mg)	3,5	0,9
Vitamina B6 (mg)	0,73	0,18
Folatos (µg)	66	16,5
Vitamina B12 (µg)	0	0
Vitamina C (mg)	Tr	Tr
Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	0	0
Vitamina D (µg)	0	0
Vitamina E (mg)	0,8	0,2

Fuente: (fen.org, 2019)

2.3 Producto: Aceite de Nuez (*Juglans regia L*)

2.3.1 Aceite de Nuez (*Juglans regia L*)

El aceite de nuez tiene un sabor muy suave, y color y aroma específicos. Su producción se basa en la trituration y filtración fina de nueces sin cáscara.

Se obtiene a partir de semillas del nogal. Su alto contenido en grasa proviene de los ácidos grasos monoinsaturados que se encuentran entre 14 a 18% y de los ácidos grasos poliinsaturados que se encuentran presentes entre el 73 a 77% y el resto de los ácidos grasos saturados.

Como aceite de alta calidad, aromático y saludable, el aceite de nuez es extremadamente usado en la industria alimentaria como aceite para platos. Se utiliza comúnmente para el refinamiento de platos en ensaladas, salsas, sopas, salsas y postres. También se usa en servicios de salud, ya que reduce el nivel de colesterol, fortalece el sistema inmunológico y

mejora las funciones cerebrales. El contenido significativo de yodo ayuda a aliviar las enfermedades de la tiroides.

En cosmética, el alto contenido de grasa ayuda como aceite de masaje contra la piel seca y agrietada. Además, funciona como antiséptico. En la industria, el aceite de nuez se utiliza para la fabricación de colores de aceite y productos para el cuidado de la madera

2.3.2 Composición química del Aceite de Nuez (*Juglans regia L*)

Desde el punto de vista de su composición química a diferencia del resto de los aceites vegetales comunes (soja, girasol, etc.) el aceite de nuez es rico en ácidos grasos beneficiosos, tales como ácidos poliinsaturados y ácidos monoinsaturados y por su contenido en vitaminas.

Tabla II-3 Ácidos grasos del Aceite de Nuez (*Juglans regia L*)

COMPONENTES	PORCENTAJE (%)
Ácido oleíco (C18:1)	20
Ácido esteárico (C18:0)	2
Ácido palmítico (C16:0)	7
Ácido linolénico (C18:3)	13
Ácido linoleico (C18:2)	58

Fuente: (Basualdo, 2014)

Tabla II-4 Composición del Aceite de Nuez (*Juglans regia L*)

Componente (fitosteroles)	mg/100 de aceite
Campesterol	4 – 6
Beta-sitosterol	85 -92
Componente (tocoferoles)	mg/100 de aceite
alfa-tocoferol	0 – 50
gama-tocoferol	120 – 400

Fuente: (Basualdo, 2014)

2.3.3 Composición fisicoquímica del Aceite de Nuez (*Juglans regia L*)

En la tabla II-5 se muestran las propiedades fisicoquímicas del aceite de nuez, las mismas que dependen del método usado para su extracción, pero en general los valores de las propiedades fisicoquímicas se encuentran entre los valores que se presentan a continuación.

Tabla II-5 Propiedades físicas del Aceite de Nuez

Propiedades Físico - químicas	Valores
Densidad relativa (25°C)	0,9155
Índice de refracción (25°C)	1 474
Acidez (% ác. Oleico)	0.52
Índice de peróxido (meq/kg)	0,19
Índice de saponificación (mg KOH/g)	189
Materia insaponificable (%)	0,3
Índice de yodo	149

Fuente: (Basualdo, 2014)

2.4 Leyes y Normas

El programa conjunto de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la organización mundial de la salud (OMS) sobre normas alimentarias comisión del Codex Alimentarius, cuenta con la Norma para aceites vegetales especificados (CODEX STAN 210-1999). Donde encontramos todas las características tanto químicas como físicas para el aceite de Nuez (*Juglans regia L.*).

CAPITULO III

PARTE EXPERIMENTAL

CAPITULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1. Descripción y análisis de materias primas

La Nuez (*Juglans regia L*) es recolectada en Sella Méndez de la provincia Eustaquio Méndez del departamento de Tarija. Luego de su recolección se traslada a Cercado, Tarija Campus Universitario, Laboratorio de Operaciones Unitarias, donde se realiza la extracción de su aceite.

Figura 3-1 Ubicación geográfica Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

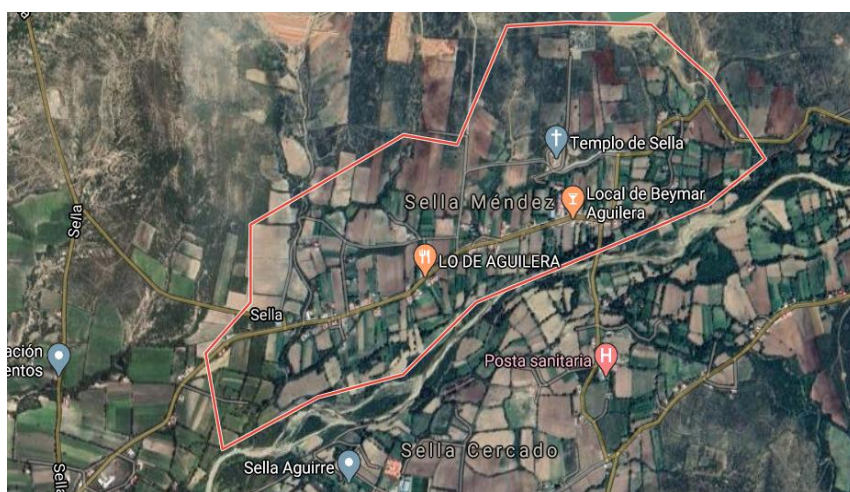


Fuente: Google Maps

3.1.1. Características de la materia prima

En la presente investigación para realizar la extracción de aceite Virgen de Nuez (*Juglans regia L*) se utilizó nueces producidas en el departamento de Tarija, localidad Sella Méndez; se realizó la cosecha de la nuez de este lugar debido a que es un sector productor y comercializador de este fruto.

Figura 3-2 Ubicación geográfica de Sella Méndez



Fuente: Google Maps

3.1.2. Descripción de la materia prima

- Planta

El nogal es un árbol de follaje caducifolio que puede llegar a alcanzar unos 24 a 27 metros de altura (aproximadamente) y unos 2-3 metros de diámetro. Es una especie muy ramificada, con una copa muy amplia que proyecta una sombra densa bajo ella.

Su tronco es robusto y de una tonalidad blanquecina. (todohusvarna, 2019)

- Fruto

La nuez es el fruto del nogal, de forma redondeada u ovoide, con una cáscara dura y rugosa de color pardo rojiza. La parte comestible de su interior tiene un sabor dulce particular. (frutas-hortalizas, 2020)

Figura 3-3 Fruto de nogal



Fuente: (frutas-hortalizas, 2020)

En este estudio, por tratarse de una investigación tipo experimental, se realiza la caracterización de la materia prima determinando los siguientes parámetros: Humedad, materia grasa y cenizas proporcionados por el laboratorio

Es muy importante un análisis fisicoquímico de la materia prima para saber su calidad por si la materia prima no reúne las condiciones adecuadas para llegar a un producto terminado que este dentro de las normas establecidas.

3.2. Diseño experimental

El diseño experimental es una técnica estadística, que tiene por objetivo definir el número de pruebas que se van a realizar en una investigación manipulando dos o más variables independientes (factores) del sujeto de estudio y según esto observar los cambios que se producen en la variable respuesta.

Para que la metodología de diseño de experimentos sea eficaz es fundamental que el experimento esté bien diseñado por alguno de los siguientes motivos.

- Determinar cuáles son las variables que tienen mayor influencia en la variable respuesta.
- Determinar el mejor valor de las variables controlables que influyen en la respuesta.

- Determinar la mejor combinación de las variables controlables que influyan en la variable respuesta.

3.2.1 Diseño experimental 2k

Los diseños factoriales son ampliamente utilizados en experimentos en los que intervienen varios factores para estudiar el efecto conjunto de estos sobre una respuesta.

Uno de los diseños es la serie 2k que tiene solo dos factores, A y B, cada uno con dos o más niveles. Este diseño se conoce como diseño factorial 2². Arbitrariamente, los niveles del factor pueden llamarse “inferior” y “superior” (Montgomery, 1991).

$$2k$$

2 = número de niveles

k = número de variables

Para el desarrollo de la presente investigación se plantea un diseño factorial 2k que corresponde a un modelo 2³ es decir de 3 factores, 2 niveles y 2 repeticiones, y sobre esto se evalúa la variable respuesta.

3.2.2. Pasos a realizar el análisis del diseño factorial 2k

2.2.2.1. Planteamiento de la hipótesis

Para llevar a cabo el diseño experimental se tomaron en cuenta las siguientes hipótesis.

- Existe diferencia, en cuanto a los niveles de variación en el tiempo de extracción.
- Existe diferencia, en cuanto a los niveles de variación en el tamaño de partícula.
- Existe diferencia en cuanto a los niveles de variación en la presión aplicada.
- La interacción entre estos factores es significativa en la extracción.

3.2.3. Factores y niveles de las variables de estudio

En la tabla III-1 se muestran los factores y el dominio experimental de los niveles de las variables a tratar.

Tabla III-1 Factores y niveles de las variables de estudio

FACTOR	NIVEL	
	INFERIOR (-)	SUPERIOR (+)
A: Tiempo (min)	35	50
B: Presión (Kg/cm2)	200	300
C: Granulometría (mm)	2	5

Fuente: Elaboración propia, 2019

- Factor A: Tiempo: El rendimiento del aceite va a variar en función al tiempo que se mantenga funcionando la prensa, es decir aplicando presión sobre la muestra de nuez.
- Factor B: Presión: En la prensa, al aplicar presión, el aceite que se encuentra en las partículas sale de su interior y se separa de la masa. A mayor presión ejercida mayor el rendimiento de aceite obtenido.
- Factor C: Granulometría (tamaño de la partícula): Evidentemente cuanto más pequeñas sean, mayor es la superficie interfacial y más corta la longitud de los poros. Por tanto, mayor es la velocidad de transferencia. Sin embargo, tamaños excesivamente pequeños pueden hacer que las partículas se apelmacen dificultando la extracción

Teniendo, las variables identificadas pasamos a determinar el número de repeticiones experimentales:

$$2^k = 2^3$$

$$N_{Exp} = (N^{\circ} \text{ niveles } F_A * N^{\circ} \text{ niveles } F_B * N^{\circ} \text{ niveles}) * N^{\circ} \text{ repeticiones}$$

$$N_{Exp} = (2 * 2 * 2) * 2$$

$$N_{Exp} = 16$$

En este trabajo se realizarán 16 experimentos elementales

Tabla III-2 Matriz de experimentos

N° Muestra	Matriz de experimentos		
	Factor X1	Factor X2	Factor X3

1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla III-3 Plan de Experimentación

Muestra	Factor A Tiempo (min)	Factor B Presión (Kg/cm ²)	Factor C Granulometría (mm)	% Rendimiento
1	35	200	2	
2	50	200	2	
3	35	300	2	
4	50	300	2	
5	35	200	5	
6	50	200	5	
7	35	300	5	
8	50	300	5	

Fuente: Elaboración propia, 2019

La variable respuesta a evaluar es el rendimiento del Aceite de Nuez (*Juglans regia* L) expresado como volumen de aceite extraído por 100 g. de nuez.

3.2.4. Evaluación de la influencia del tiempo, presión y granulometría sobre el rendimiento de extracción

3.2.4.1. Factores

- **Tiempo de extracción**

Este factor relaciona los intervalos de tiempo para la extracción del aceite, de manera que se pueda observar el rendimiento en el transcurso de este tiempo.

El rendimiento del aceite va a variar en función al tiempo que se mantenga funcionando la prensa, es decir aplicando presión sobre la muestra de nuez.

- **Granulometría de la materia prima**

Para la determinación del factor granulometría, se realiza el tamizado de las semillas de Nuez trituradas usando un juego de tamices de 5, 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,063 mm. Norma Española UNE y una bandeja de recepción de la muestra.

Evidentemente cuanto más pequeñas sean, mayor es la superficie interfacial y más corta la longitud de los poros. Por tanto, mayor es la velocidad de transferencia. Sin embargo, tamaños excesivamente pequeños pueden hacer que las partículas se apelmacen dificultando la extracción.

- **Presión**

Este factor relaciona los intervalos de presión para la extracción del aceite de manera que se pueda observar el rendimiento en el transcurso del tiempo.

En la prensa, meto energía y exprime con acción mecánica, con fricción, desgaste, genera calor y va sacando el aceite de una partícula va deslizando contra superficies

metálicas, con una presión importante. Cuanto más aceite quiero sacar más presión debo ejercer.

3.2.4.2. Niveles

- **Determinación de los niveles del factor intervalos de tiempo de extracción**

El tiempo empleado desde la preparación de la prensa hasta la extracción del aceite se lo realiza en un solo paso.

- Extracción: Tiempo transcurrido desde que se comienza a ejercer fuerza en la prensa hasta el agotamiento del aceite de la Nuez.

El objetivo es poder determinar los tiempos óptimos de extracción con 35 min mínimo y 50 min máximo, así poder evaluar el mayor rendimiento de aceite de la nuez triturada

• **Determinación de los niveles del factor intervalos de granulometría**

Los niveles hacen referencia al tamaño de partícula de la materia prima, en esta investigación se tiene partículas de 2 mm mínimo y 5 mm, máximo para posterior a esto poder evaluar el rendimiento de aceite obtenido por cada uno de ellos.

• **Determinación de los niveles del factor intervalos de presión**

Los niveles hacen referencia a la presión ejercida por la prensa, en esta investigación se tiene presiones de 200 kg/cm² mínimo y 300 kg/cm² máximo para posterior a esto poder evaluar el rendimiento de aceite obtenido por cada presión ejercida.

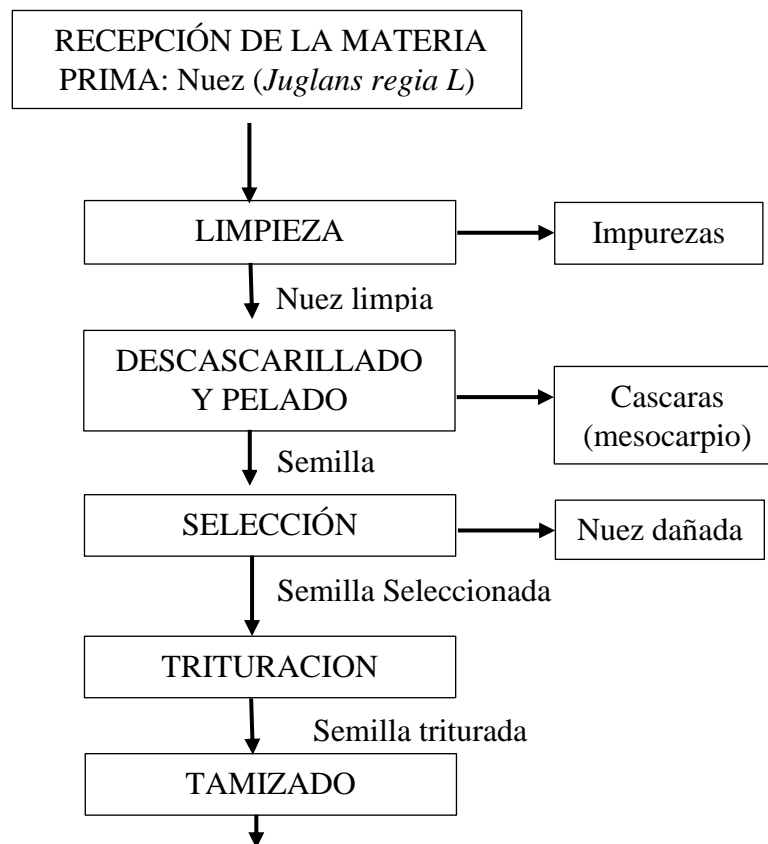
3.2.5. Variable respuesta

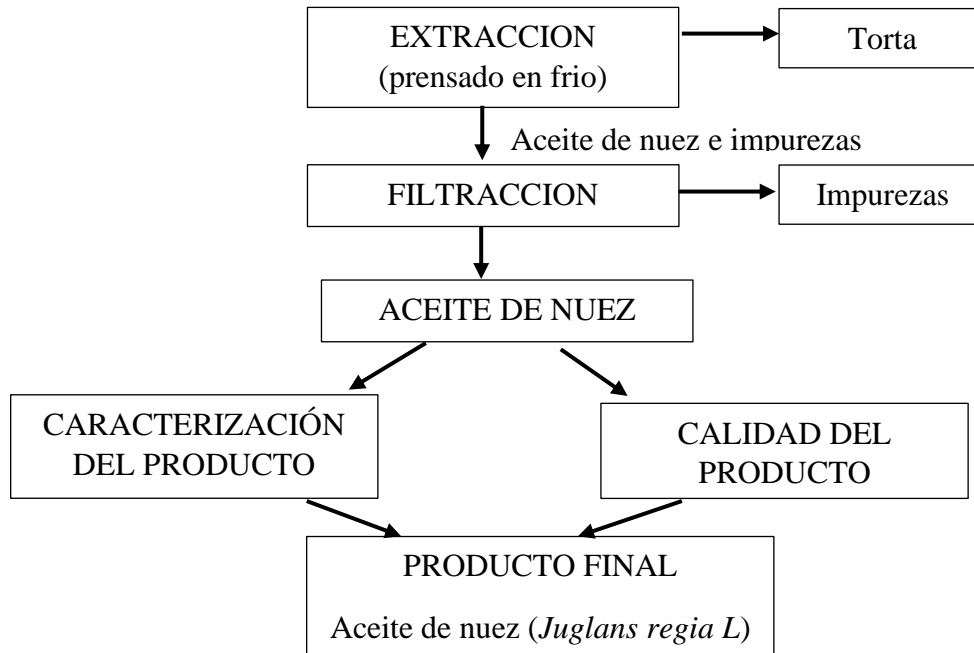
La variable respuesta es evaluar el rendimiento de aceite virgen de Nuez (*Juglans regia L*), por cada 100 g de Nuez en cada extracción, en función al tiempo, presión y granulometría.

3.3. Obtención de aceite virgen de nuez (*Juglans regia L*)

Las etapas del proceso de extracción de aceite virgen de Nuez (*Juglans regia L*) se muestran en la figura 2-3 desde la recolección de la nuez hasta el almacenamiento del aceite.

Cuadro III-1 Diagrama de bloques de proceso de extracción de Aceite de Nuez





Fuente: Elaboración propia recaudando información de sitios web

3.3.1. Recolección de la materia prima

La materia prima fue recolectada de la planta de Nuez manera personal tomando en cuenta que el fruto este maduro para su recolección.

3.3.2. Transporte

Las Nueces son transportadas en cajas de cartón para evitar derrames hasta el laboratorio de operaciones unitarias (LOU) de la Facultad de Ciencias y Tecnología perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho usando transporte de servicio público.

3.3.3. Recepción y selección de la materia prima

El proceso comienza con la recepción de las nueces realizando una evaluación de la calidad de la misma, y separando las nueces que estén en mal estado.

Figura 3-4 Selección de la nuez



Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Pesado

Luego la nuez pasa a una balanza digital, para determinar el peso con el cual se trabajará en el proceso, esto para poder calcular su rendimiento posteriormente.

Figura 3-5 Pesado de la Nuez



Fuente: Elaboración propia

3.3.5. Descascarado y pelado

El descascarado o pelado de la nuez puede realizarse en forma manual o mecánica, consiste en retirar la cascara de las nueces (endocarpo) obteniendo así las semillas para la extracción del aceite.

Figura 3-6 Descascarado y pelado de Nuez



Fuente: Elaboración propia

3.3.6. Trituración

La trituración se lo realiza en un molino manual de rodillos, el cual produce la rotura mecánica de la nuez en partículas más pequeñas sin cambiar su estado de agregación, posterior a esto se procede a la separación de la cascarilla e impurezas.

Figura 3-7 Trituración manual de la nuez



Fuente: Elaboración propia

3.3.7. Análisis granulométrico de la materia prima

El tamizado es una operación básica en la que una mezcla de partículas sólidas de diferentes tamaños se separa en dos fracciones o más pasándolos por un tamiz, cada fracción es más uniforme en tamaño que la mezcla original. Para tal efecto se siguió el siguiente procedimiento.

- Pesado de cada tamiz vacíos.
- Pesado de la nuez triturada o molida.
- Cargar la nuez triturada al tamiz superior (5 mm).
- Encender el tamiz vibratorio regulando a una velocidad de 50 rpm y un tiempo de 20 minutos.
- Una vez finalizado el tiempo de tamizado se separa los tamices para su posterior registro de peso (tamiz más nuez triturada).

Figura 3-8 Tamizado de la semilla triturada

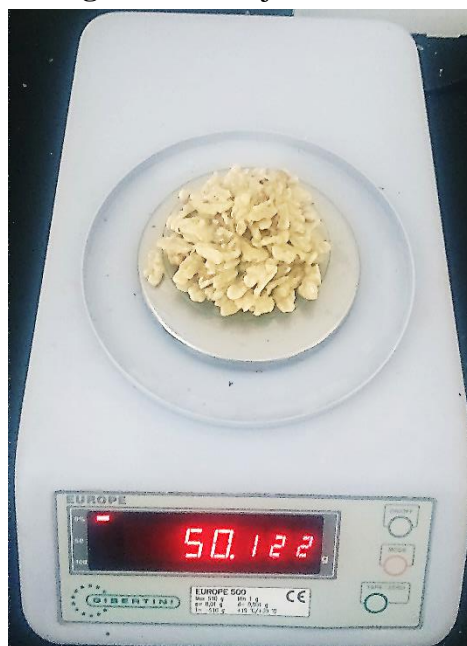


Fuente: Elaboración propia

3.3.8. Pesaje de la nuez triturada

Esta balanza se utilizó en todo el proyecto la cual fue útil para la determinación de la masa en cada una de las etapas de obtención del aceite, la misma cuenta con una calibración automática con una pantalla digital.

Figura 3-9 Pesaje de la Nuez triturada



Fuente: Elaboración propia

3.3.9. Prensado en frío

El proceso de prensado en frío, es un modo de extracción exclusivamente mecánico que se realiza a baja temperatura, preservando de este modo la proporción de ácidos grasos esenciales, vitamina E, antioxidantes naturales y no necesita ningún aditivo.

La extracción de aceites prensados en frío consiste en llevar la semilla limpia a la prensa ejerciendo una presión entre 200 o 300 kg/cm², vigilando especialmente que la temperatura generada por la presión no supere los 45° C para asegurar la estabilidad molecular de los ácidos grasos poliinsaturados.

Figura 3-10 Extracción mediante prensado en frío



Fuente: Elaboración propia

3.3.10 Filtración

El aceite ya prensado pasa por una serie de filtros que separan definitivamente los pequeños pedazos de cáscara o pulpa del fruto. Es habitual que la última parte de este filtrado se realice haciendo pasar el aceite a través de una tela o papel para asegurar que no habrá ningún resto de impureza en el aceite.

Figura 3-11 Filtración del aceite obtenido



Fuente: Elaboración propia

3.3.11 Producto final y almacenamiento

El aceite luego de pasar por una filtración, se lleva a envases ambar y lugares adecuados para su almacenamiento, no debe ser expuesto a lugares con mucha iluminación ni altas temperaturas. Puesto que el aceite es muy sensible a elevadas temperaturas y rayos del sol.

Figura 3-12 Producto obtenido y almacenamiento



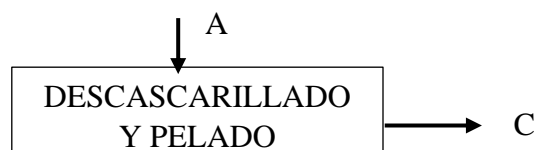
Fuente: Elaboración propia

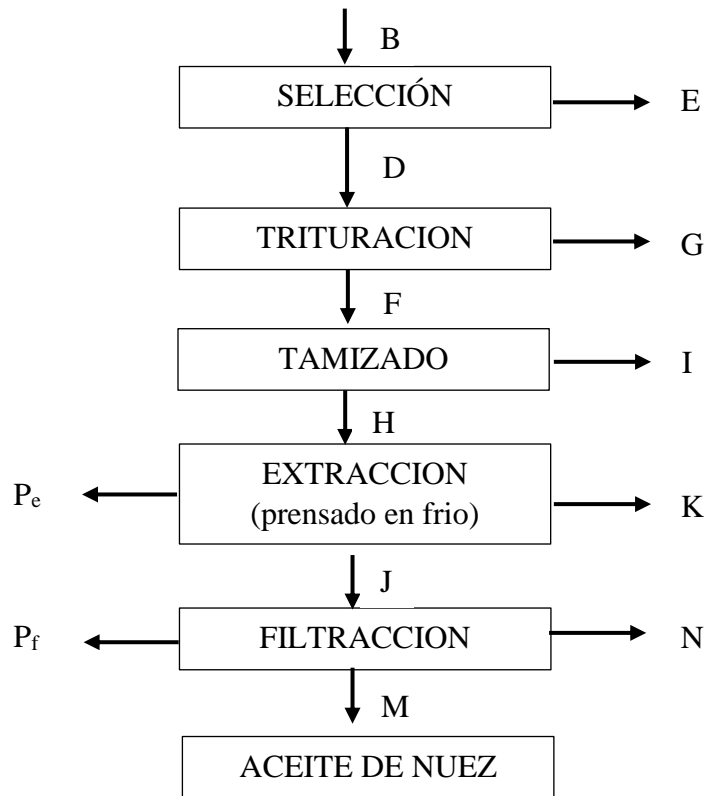
3.4. Balance de materia y energía en el proceso de extracción

Para cada una de las extracciones se registran en tablas los tiempos, la granulometría, la presión, condiciones de materia prima, el residuo que queda después de la extracción (torta), las condiciones de las corrientes de entrada y salida de cada proceso y los volúmenes obtenidos en cada corrida en base al diseño factorial planteado, con la experiencia realizada y con el fin de determinar las condiciones óptimas del proceso se realiza el balance con la nuez triturada de 2 mm y un tiempo de 45 min.

3.4.1. Balance de materia

Cuadro III-2 Balance de materia





A= Nuez Limpia (*Juglans regia L*)

B= Semilla

C= Cascaras (mesocarpo)

D= Semillas seleccionada

E= Semillas dañás o en mal estado (podridas o emplagadas)

F= Semillas trituradas

G= Perdida en la trituración (partículas adheridas a la superficie de contacto)

H= Semilla tamizada

I= Perdida en el tamizado (tamaño de partícula menor a 2 mm)

J= Aceite de nuez más impurezas

K= Torta

M= Aceite de nuez virgen

N= Impurezas del filtrado

P_e= Perdida en la extracción

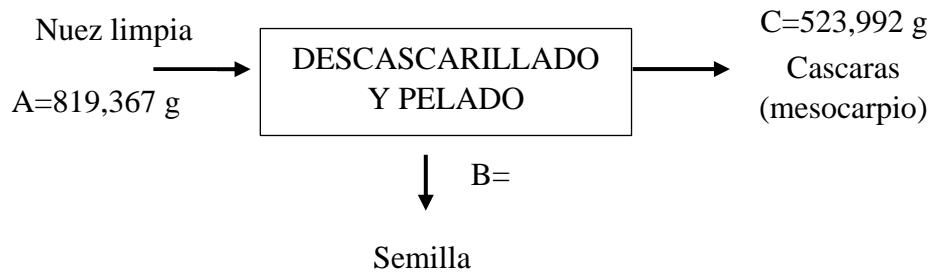
P_f= Perdida en la filtración

3.4.1.1. Balance de materia en el proceso de descascarillado y pelado

Datos:

A= 819,367 g

C= 523,992 g



Ecuación 0-1-1

$$A = B + C$$

Despejando

$$B = A - C$$

$$B = 819.367g - 523.992g$$

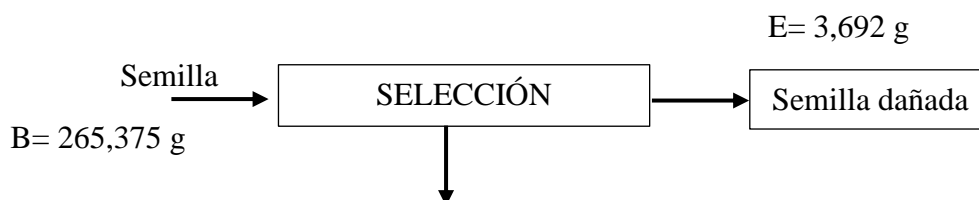
$$B = 295.375 g$$

3.4.1.2. Balance de materia en el proceso de selección

Datos:

B= 295,375 g

E= 3,692 g



Semilla Seleccionada

D=

Ecuación I -2

$$B = D + E$$

Despejando

$$D = B - E$$

$$D = 295,375g - 3,692g$$

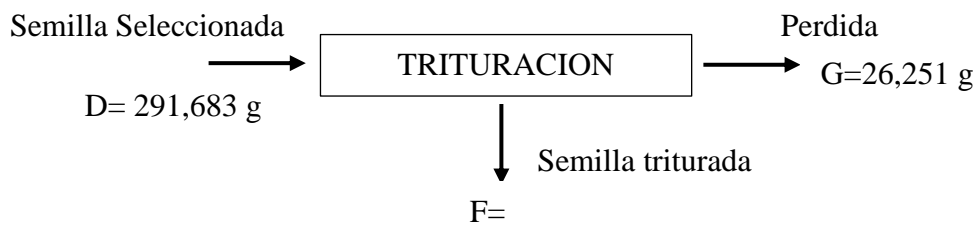
$$D = 291,683 g$$

3.4.1.3. Balance de materia en el proceso de Trituración

Datos:

$$D= 291,683 g$$

$$G= 26,251 g$$



Ecuación I-3

$$D = G + F$$

Despejando

$$F = D - G$$

$$F = 291,683g - 26,251g$$

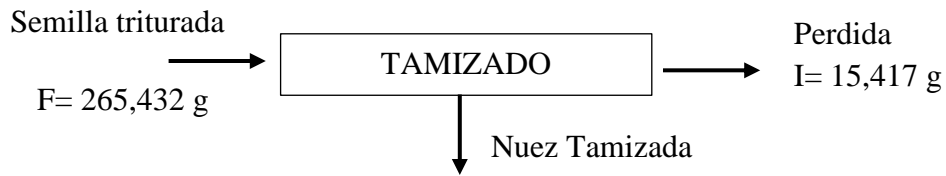
$$F = 265,432 g$$

3.4.1.4. Balance de materia en el proceso de tamizado

Datos:

$$F= 265,432 g$$

I= 15,417 g



Ecuación I-3

$$F = H + I$$

Despejando

$$H = F - I$$

$$H = 265,432g - 15,417g$$

$$H = 250,015 g$$

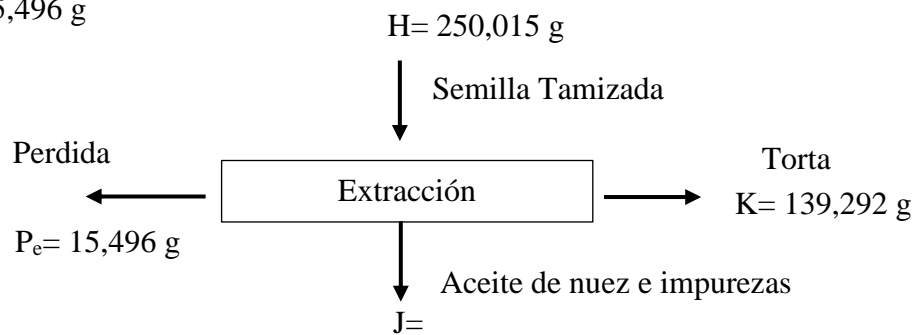
3.4.1.5. Balance de materia en el proceso de extracción

Datos:

$$H= 250,015 g$$

$$K= 139,292 g$$

$$P_e= 15,496 g$$



Ecuación I-4

$$H = J + K + P_e$$

Despejando

$$J = H - K - P_e$$

$$J = 250,015g - 139,292g - 15,496g$$

$$J = 95,227g$$

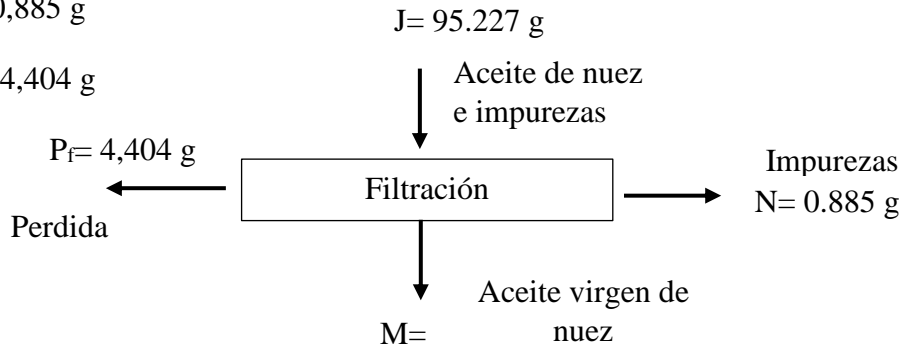
3.4.1.6. Balance de materia en el proceso de filtración

Datos:

$$J = 95,227g$$

$$N = 0,885g$$

$$P_f = 4,404g$$



Ecuación I-5

$$J = N + M + P_f$$

Despejando

$$M = J - N - P_f$$

$$M = 95,227g - 0,885g - 4,404g$$

$$M = 89,938g$$

3.4.2. Balance de energía

El balance de energía se efectúa en aquellas operaciones que así lo requieran, con un costo de 0,98Bs/ kWh, que es el establecido por SETAR en la ciudad de Tarija.

3.4.2.1. Balance de energía proceso de tamizado: Tamiz Vibratorio

Datos:

$$\text{Potencia } P_0 = 0,092 \text{ kW}$$

$$\text{Tiempo } t = 20 \text{ min} = 0,333 \text{ h}$$

$$\text{energía} = P_0 \times t$$

$$\text{energia} = 0,092\text{kW} \times 0,333\text{h}$$

$$\text{energia} = 0,03\text{kWh}$$

$$\text{Costo} = \text{energia} \times 0,98\text{Bs/kWh}$$

$$\text{Costo} = 0,03\text{kWh} \times 0,98\text{Bs/kWh}$$

$$\text{Costo} = 0,0294 \text{ Bs}$$

3.4.2.2. Balance de energía proceso de filtrado al vacío

Datos:

$$\text{Potencia } P_0 = 0,372 \text{ kW}$$

$$\text{Tiempo } t = 30 \text{ min} = 0,5 \text{ h}$$

$$\text{energia} = P_0 \times t$$

$$\text{energia} = 0,372\text{kW} \times 0,5\text{h}$$

$$\text{energia} = 0,186\text{kWh}$$

$$\text{Costo} = \text{energia} \times 0,98\text{Bs/kWh}$$

$$\text{Costo} = 0,186\text{kWh} \times 0,98\text{Bs/kWh}$$

$$\text{Costo} = 0,182 \text{ Bs}$$

3.5. Determinación del rendimiento en el proceso de extracción de aceite virgen de nuez (*Juglans regia* L) cultivada en el departamento de Tarija.

3.5.1 Cálculo del rendimiento del aceite

El cálculo del rendimiento consiste en relacionar la cantidad de aceite obtenido y la cantidad de semilla alimentada. (Perez & Gonzales, 2009)

Se obtiene empleando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{m_{\text{aceite}}}{m_{\text{semilla}}} \times 100$$

Donde:

R= Porcentaje de rendimiento

m_{aceite} = cantidad de aceite obtenido (g)

m_{semilla} = cantidad de semilla alimentada (g)

Datos:

$m_{\text{aceite}} = 89,938 \text{ g}$

$m_{\text{semilla}} = 250,015 \text{ g}$

$$R = \frac{89,938g}{250,015g} \times 100$$

$$R = 35,97 \%$$

3.6. Caracterización fisicoquímica del aceite virgen de nuez (*Juglans regia L*)

Una vez obtenido el aceite de nuez se procede a realizar la medición de los siguientes parámetros fisicoquímicos: Densidad, índice de refracción, acidez, índice de peróxido, humedad y cenizas. Todas estas mediciones son proporcionadas por el laboratorio de (CEANID).

En la tabla III-4 se resume los parámetros y las normas aplicadas para las correspondientes determinaciones del aceite de ricino.

Tabla III-4 Parámetros y normas para el análisis de aceite de Nuez

Parámetro	Unidades	Norma
Densidad	g/ml	(CODEX STAN 210-1999).
Perfil de ácidos grasos	----	
Acidez	%	
Índice de peróxidos	MeqO ₂ /Kg	
Humedad	%	
Cenizas	%	

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV
RESULTADOS Y
DISCUSIÓN

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis granulométrico de la materia prima

El plan experimental para el análisis granulométrico de las semillas trituradas de Nuez se lo llevó a cabo en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) perteneciente al Departamento de Procesos Industriales y Biotecnológicos de la Facultad de Ciencias y Tecnología dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Para esta finalidad se trituro las semillas manualmente de manera que permitió el rompimiento de las semillas a un menor tamaño; posteriormente se cargaron al tamiz 265.432 g de materia prima, los resultados se lo describen en la tabla IV-1.

Tabla IV-1 Análisis granulométrico de las semillas de nuez trituradas

Abertura de malla (mm) serie UNE	Peso de la malla vacía (g)	Peso de la malla con muestra (g)	Rechazo	% Rechazo
5	492,9	742,915	250,015	94,191
4	455,1	462,186	7,086	2,669
2	434,5	440,448	5,948	2,240
1	433,5	435,541	2,041	0,768

0.5	443,9	444,242	0,342	0,128
0.25	417,8	417,8	0	0
0.063	389,6	389,6	0	0

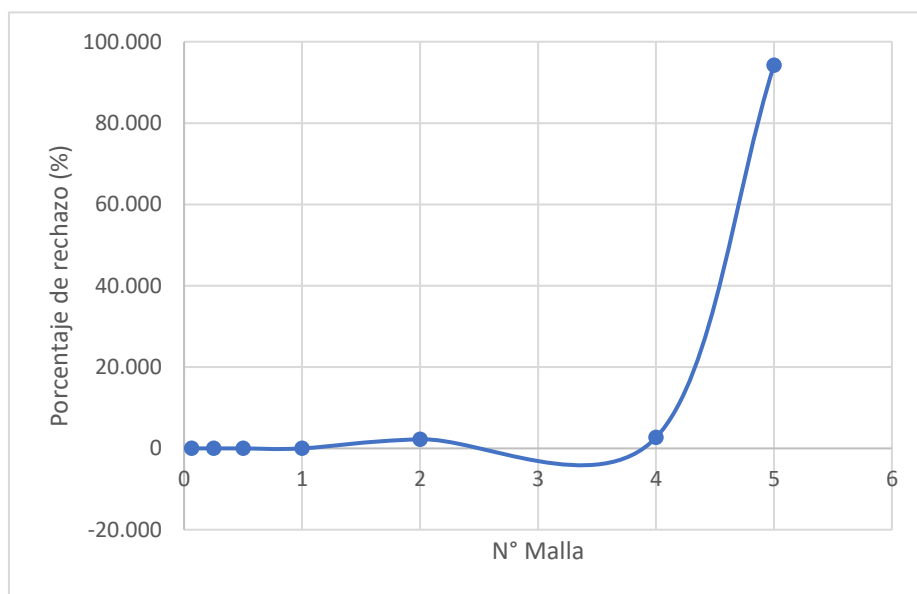
Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-2 Resultados del análisis granulométrico de las semillas de nuez trituradas

N° de malla (mm)	% Rechazo
5	94,191
4	2,669
2	2,240
1	0,768
0.5	0,128
0,25	0
0,063	0

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4-1 N° de malla vs Porcentaje de rechazo (%)



Fuente: Elaboración propia

En base a la figura 4-1 se observa el mayor porcentaje de rechazo 94,191% en la bandeja con diámetro de apertura de 5 mm, significando que el 94,191% de las partículas tiene el tamaño mayor a 5 mm, el 2,669 % tiene un tamaño de partícula mayor a 4 mm, el 2,240% tiene el tamaño de partícula mayor a 2 mm, el 0,768% tiene un tamaño de partícula mayor a 1 mm, el 0,128% tiene un tamaño de partícula mayor a 0,5 mm, finalmente para las mallas 0,25 y 0,063 se tiene el 0% de partículas.

4.2. Características fisicoquímicas de la materia prima: Nuez (*Juglans regia L.*)

En la tabla IV-3 se presentan los resultados de la caracterización de la materia prima utilizada en esta investigación

Tabla IV-3 Características de las propiedades fisicoquímicas de las semillas de nuez

	Semilla de nuez extraída de Tarija-Bolivia			Argentina (Basualdo, AE2_Basualdo, 2014)		
Parámetro	Técnica y/o método ensayo	Unidad	Resultado	Técnica y/o método de	Unidad	Resultado

				ensayo		
ceniza	NB 3903:10	%	2,02	---	%	1,78
Fibra	Gravimétrico	%	1,48	---	%	6,70
Grasa	NB 313019:06	%	62,36	---	---	63,28
Hidratos de carbono	Cálculos	%	18,70	---	%	13,71
Humedad	NB 313010:05	%	3,39	---	%	4,07
Proteína total (Nx5,30)	NB/ISO 8968-1:08	%	12,05	---	%	15,23
Valor energético	Calculo	Kcal/100g	684,24	---	Kcal/100g	654,00

Fuente: Elaboración propia en base a la información proporcionada por el CEANID y bibliografía

Como se puede observar en la tabla IX y haciendo la comparación respectiva de las propiedades de la materia prima en esta investigación, se llega a evidenciar que los parámetros como: Humedad, con un porcentaje del 3.39% que es bajo respecto a lo que señala la bibliografía; esta diferencia podría o estaría asociada por el cultivo, estado de madurez de las semillas y también por la diferencia de temperaturas de cada zona productora, razón por la cual presentan las semillas un bajo contenido de agua. En el caso del contenido de materia grasa con un porcentaje de rendimiento del 62,36% en comparación en el dato proporcionado por (Basualdo, AE2_Basualdo, 2014) con un porcentaje de 63,28% cuyo valor es muy cercano al obtenido en esta investigación.

El contenido de fibra y proteína total es mucho más bajo en comparación con lo que se tiene en bibliografía que es de 1,48 y 12,05%.

Mientras que los parámetros de cenizas, hidratos de carbono y valor energético presentan un mayor valor al proporcionado por bibliografía que es de 2,02%, 18,70% y 684,24 Kcal/100g.

4.3. Análisis estadístico del diseño experimental

El diseño experimental se llevó a cabo utilizando el paquete de SPSS Statistics (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales) es una potente plataforma de software estadístico, para Windows que ofrece una rápida e instantánea visualidad de los datos.

Calcula los valores exactos (valores de significación) para las pruebas estadísticas en aquellos casos en los que las muestras son pequeñas o se distribuyen de forma poco uniforme y puedan hacer que las pruebas habituales resulten poco precisas.

4.3.1 Datos experimentales del proceso de extracción del aceite virgen de nuez

(Juglans regia L)

Los resultados obtenidos en la experimentación según el diseño experimental planteado se muestran en la tabla IV-4.

Tabla IV-4 Datos experimentales del proceso de extracción del aceite virgen de Nuez *(Juglans regia L)*

Muestra	Factor A Tiempo (min)	Factor B Presión (Kg/cm ²)	Factor C Granulometría (mm)	% Rendimiento
1	35	200	2	26,80
Replica	35	200	2	26,42
2	50	200	2	25,97
Replica	50	200	2	25,39
	35	300	2	32,56
Replica	35	300	2	32,47
4	50	300	2	35,97
Replica	50	300	2	35,11

5	35	200	5	30,17
Replica	35	200	5	29,99
6	50	200	5	34,61
Replica	50	200	5	34,21
7	35	300	5	33,63
Replica	35	300	5	33,02
8	50	300	5	27,86
Replica	50	300	5	27,52

Fuente: Elaboración propia

El aceite virgen de nuez se obtuvo empleando dos tamaños diferentes de partículas 2 mm y 5 mm; combinando ambos tamaños de partículas con los dos tiempos de extracción 35 y 50 minutos y presiones de 200 y 300 kg/cm².

El mayor porcentaje de aceite se obtuvo con la partícula de menor tamaño, el mayor tiempo de extracción y la presión más alta empleada, llegando a obtener un rendimiento de 35,97% este dato demuestra que en la estructura de las semillas tienen un gran contenido de almacenamiento de aceite.

4.3.2 Análisis de varianza

El análisis de la varianza ANOVA muestra la influencia de los factores granulometría e intervalo de tiempo de extracción y las intersecciones suscitadas sobre la variable respuesta (rendimiento) así como la significancia de los mismos. Los datos introducidos al SPSS de acuerdo al diseño experimental planteado se muestran en la tabla IV-5.

Tabla IV-5 Datos para el análisis de varianza

Muestra	Factor A Tiempo (min)	Factor B Presión (Kg/cm ²)	Factor C Granulometría (mm)	% Rendimiento
---------	--------------------------	--	-----------------------------------	------------------

1	-1	-1	-1	26,80
Replica	-1	-1	-1	26,42
2	+1	-1	-1	25,97
Replica	+1	-1	-1	25,39
3	-1	+1	-1	32,56
Replica	-1	+1	-1	32,47
4	+1	+1	-1	35,97
Replica	+1	+1	-1	35,11
5	-1	-1	+1	30,17
Replica	-1	-1	+1	29,99
6	+1	-1	+1	34,61
Replica	+1	-1	+1	34,21
7	-1	+1	+1	33,63
Replica	-1	+1	+1	33,02
8	+1	+1	+1	27,86
Replica	+1	+1	+1	27,52

Fuente: Elaboración propia

En la tabla IV-6 se muestra las variables del diseño experimental y el número de experiencias para cada variable que registra el programa de SPSS y fueron realizadas en la parte experimental para un diseño de 2^3 con dos repeticiones, siendo un total de 16 repeticiones.

Tabla IV-6 Factores inter-sujetos

Factores inter-sujetos		
		N
Tiempo	-1,00	8
	1,00	8
Presión	-1,00	8
	1,00	8
Granulometría	-1,00	8
	1,00	8

Fuente: Elaboración propia

En la tabla IV-7 se detalla el análisis de varianza aplicado al diseño experimental, para probar la significancia estadística de cada factor sobre el rendimiento.

Tabla IV-7 Análisis de varianza (ANOVA)

Pruebas de los efectos inter-sujetos					
Variable dependiente:Rendimiento					
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	149,028 ^a	6	24,838	4,525	,022
Intersección	15110,740	1	15110,740	2752,910	,000
Tiempo	,155	1	,155	,028	,870
Presión	37,776	1	37,776	6,882	,028
Granulometría	6,634	1	6,634	1,209	,300
Tiempo * Presión	9,023	1	9,023	1,644	,232
Tiempo * Granulometría	2,881	1	2,881	,525	,487
Presión * Granulometría	92,559	1	92,559	16,863	,003
Error	49,401	9	5,489		
Total	15309,169	16			
Total corregida	198,429	15			

a. R cuadrado = ,751 (R cuadrado corregida = ,585)

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la tabla IV-7 que el efecto de las variables en el análisis de varianza para el proceso de extracción del aceite virgen de nuez con un nivel de significancia menor

al 5%, influye lo que implica que son significativas con una confianza del 95%. Por lo que se considera que influyen de manera significativa en el modelo experimental, y serán las variables utilizadas para realizar el cálculo del modelo matemático que posee el diseño factorial.

Para formular el modelo matemático que mejor represente la experiencia realizada en esta investigación se toma en cuenta los factores e interacciones que sí influyen según resultados del análisis de varianza.

Tabla IV-8 Variables introducidas/eliminadas

Variables introducidas/eliminadas^b			
Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	Granulometría, Presión, Tiempo ^a	.	Introducir
a. Todas las variables solicitadas introducidas.			
b. Variable dependiente: Rendimiento			

Fuente: Elaboración propia

Donde “a” son todas las variables solicitadas introducidas.

En consecuencia, del análisis el programa arroja los siguientes resultados

Tabla IV-9 Ajustes de datos para el modelo lineal general

Resumen del modelo^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,474 ^a	,225	,031	3,58077
a. Variables predictoras: (Constante), Granulometría, Presión, Tiempo				
b. Variable dependiente: Rendimiento				

Fuente:Elaboración propia

Tabla IV-10 Análisis de varianza ANOVA

ANOVA ^b						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	44,566	3	14,855	1,159	,366 ^a
	Residual	153,863	12	12,822		
	Total	198,429	15			
a. Variables predictoras: (Constante), Granulometría, Presión, Tiempo						
b. Variable dependiente: Rendimiento						

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla IV-11 se muestra los coeficientes del modelo matemático que genera el programa de SPSS, a través del diseño experimental planteado en esta investigación.

Tabla IV-11 Coeficientes

Coeficientes ^a								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
		B	Error típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior
(Constante)		30,731	,895		34,329	,000	28,781	32,682
Tiempo (t)		,098	,895	,028	,110	,914	-1,852	2,049
Presión (P)		1,537	,895	,436	1,716	,112	-,414	3,487
Granulometría (G)		,644	,895	,183	,719	,486	-1,307	2,594
a. Variable dependiente: Rendimiento								

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Rendimiento} = 30.731 + 0.098t + 1.537P + 0.644G$$

La ecuación anterior es un ajuste multivariable que relaciona específicamente los niveles de tiempo, presión y granulometría del diseño experimental planteado para esta investigación, de manera que la respuesta R, sea representativa de los resultados obtenidos en laboratorio.

A su vez el programa SPSS, también brinda los siguientes datos estadísticos:

Tabla IV-12 Estadísticos sobre los residuos

Estadísticos sobre los residuos ^a					
	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	N
Valor pronosticado	28,4525	33,0104	30,7314	1,72368	16
Valor pronosticado tip.	-1,322	1,322	,000	1,000	16
Error típico de valor pronosticado	1,790	1,790	1,790	,000	16
Valor pronosticado corregido	28,3800	34,8408	30,7314	2,02751	16
Residual	-5,49137	4,67175	,00000	3,20274	16
Residuo típ.	-1,534	1,305	,000	,894	16
Residuo estud.	-1,771	1,507	,000	1,033	16
Residuo eliminado	-7,32183	6,22900	,00000	4,27032	16
Residuo eliminado estud.	-1,973	1,602	-,009	1,091	16
Dist. de Mahalanobis	2,813	2,813	2,812	,000	16
Distancia de Cook	,000	,261	,083	,089	16
Valor de influencia centrado	,188	,188	,187	,000	16

a. Variable dependiente: Rendimiento

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, se comparan los resultados del rendimiento respecto al porcentaje de aceite virgen de nuez obtenido de manera experimental y el rendimiento ajustado, es decir el que predice para la obtención del modelo matemático, donde se observa que no existe varianza mayor al 5%.

El error es la diferencia existente entre rendimiento del modelo matemático, es decir el valor ajustado y predicho con el programa SPSS, y el rendimiento experimental, que se obtiene al llevar a cabo los ensayos correspondientes en laboratorio.

Tabla IV-13 Rendimiento experimental y rendimiento obtenido por el modelo matemático ajustado

Muestra	Factor A Tiempo (min)	Factor B Presión (Kg/cm ²)	Factor C Granulometría (mm)	% Rendimiento Experimental R _{exp}	% rendimiento modelo matemático R _{mm}	Error diferencia R _{mm} y R _{exp}
1	-1	-1	-1	26,80	26,79	-0,013
2	+1	-1	-1	25,97	26,98	1,009
3	-1	+1	-1	32,56	35,16	2,600
4	+1	+1	-1	35,97	34,37	-1,596
5	-1	-1	+1	30,17	31,93	1,759
6	+1	-1	+1	34,61	30,91	-3,704
7	-1	+1	+1	33,63	28,99	-4,637
8	+1	+1	+1	27,86	30,32	2,464
9	-1	-1	-1	26,42	26,87	0,454
10	+1	-1	-1	25,39	27,11	1,722
11	-1	+1	-1	32,47	35,18	2,711
12	+1	+1	-1	35,11	34,57	-0,537
13	-1	-1	+1	29,99	31,97	1,982
14	+1	-1	+1	34,21	31	-3,212
15	-1	+1	+1	33,02	29,13	-3,884

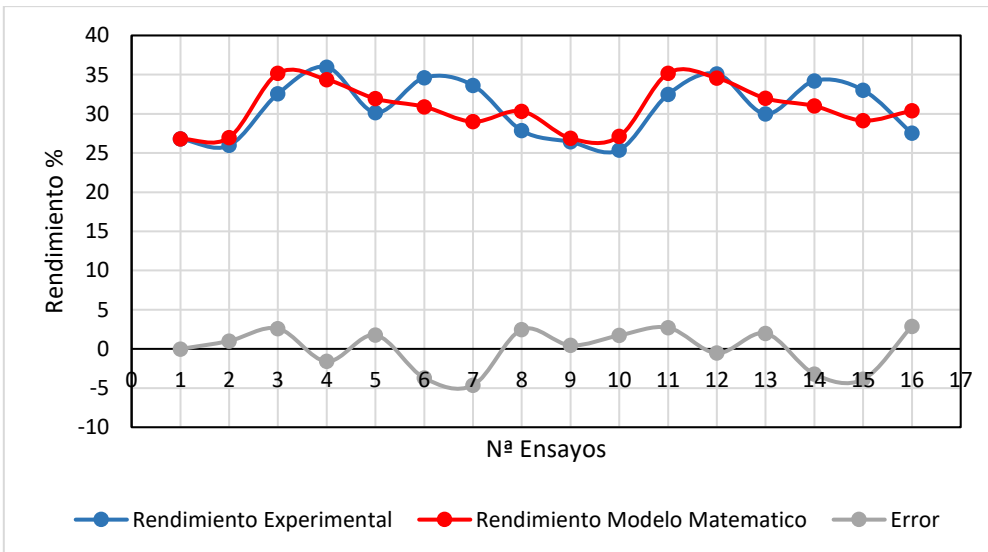
16	+1	+1	+1	27,52	30,40	2,883
----	----	----	----	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el ensayo número 4 y su réplica respectiva número 12, son con los que se consigue un valor mayor de rendimiento en la extracción experimental de aceite virgen de nuez (*Juglans regia L*) cultivada en el departamento de Tarija.

Finalmente, en la figura 3 se representa de forma gráfica la comparación entre el % de rendimiento experimental, obtenido en laboratorio, y el rendimiento modelo matemático ajustado, para la obtención de aceite virgen de nuez (*Juglans regia L*), cultivado en el departamento de Tarija. Se puede observar además que el % rendimiento obtenido experimentalmente número 4 no difiere en gran medida, respecto al % rendimiento ajustado por el modelo matemático.

Figura 4-2 Grafica comparativa del rendimiento experimental y rendimiento modelo matemático



Fuente: Elaboración propia

4.4 Resultados del balance de materia y energía

4.4.1 Balance de materia

En la tabla IV-14 se muestra los resultados del balance de materia a base de los calculos de acápite 3.4.1. que se dan durante el proceso de extracción de aceite de nuez (*Juglans regia L*).

Tabla IV-14 Resultados del balance de materia

Entradas (g)	proceso	Salidas (g)		Perdidas (g)
A= 819,367	Descascarillado y pelado	B=295,375	C=523,992	
B= 295,375	Selección	D= 291,683	E=3,692	
D=291,683	Trituración	F=265,432		G=26,251
F=265,432	Tamizado	H=250,015		I=15,417
H= 250,015	Extracción	J= 95,227	K=139,292	P _e = 15,496
J= 95,227	Filtración	M=89,938	N=0,885	P _f =4,404

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Balance de energía

En la tabla IV-15 se muestran los resultados obtenidos del balance de energía efectuado en cada operación que requiera energía.

Tabla IV-15 Resultados del balance de energía

Equipo	Potencia (kW)	Tiempo (h)	Energía (kWh)
Tamiz vibratorio	0,092	0,333	0,03
Filtro al vacío	0,372	0,5	0,186

Fuente: Elaboración propia

3.4. Caracterización del aceite virgen de nuez (*Juglans regia L*) cultivado en el departamento de Tarija.

3.4.1. Caracterización Organolépticas

Una vez obtenido el aceite virgen de nuez (*juglans regia L*), se procede a analizar sus características organolépticas, las cuales son color, olor y sabor.

Color: Por simple observación se registra el color del aceite, el cual es un color amarillento.

Olor: Se acerca el frasco que contiene el aceite virgen de nuez a la nariz para percibir el olor, este es un olor suave característico a la nuez.

Sabor: Se sacan del frasco unas gotas de aceite crudo con la ayuda de una varilla de vidrio y se toca levemente con un dedo para luego acercarlo a la punta de la lengua, presenta un sabor característico a nueces.

3.4.2. Características fisicoquímicas

Los resultados de acidez, índice de peróxido y rancidez se muestran en la tabla IV-16 y la comparación con datos de bibliografía de otras investigaciones en otros países.

Tabla IV-16 Caracterización fisicoquímica de aceite de Nuez

	Aceite obtenido en Tarija-Bolivia			Aceite obtenido en Argentina (Basualdo, AE2_Basualdo, 2014)
Parámetro	Técnica o método de ensayo	Unidad	Resultados	Resultados
Acidez	NB 36004:02	%	0,19	0,52
Índice de peróxidos	NB 34008:06	mEqO ₂ /kg	n.d.	0,19
Rancidez	Ensayo de Kreis	Pos/neg	Negativo	----

Fuente: Elaboración propia

El valor de la acidez total expresada como (g ácido oleico/100 g de aceite), se encontró un valor de 0,19% comparado con el valor de 0,52% obtenido por (Basualdo, AE2_Basualdo, 2014). Lo cual muestra que se realizó un adecuado acondicionamiento de la materia prima y un adecuado almacenamiento del producto obtenido, que no permitió el desarrollo de reacciones hidrolíticas que deteriore el aceite.

El valor del índice de peróxidos expresado como meq O₂/kg aceite es n.d. Según el (CODEX STAN 210-1999): el aceite de nuez debe cumplir con un índice de peróxidos en miliequivalentes de oxígeno activo/1000 g máximo de ≤ 20 ; comparando estos resultados se puede concluir que el aceite de nuez analizado en esta investigación es de muy buena calidad

en cuanto a este parámetro lo que pone en manifiesto una alta resistencia a la oxidación y un bajo grado de rancidez o deterioro.

En cuanto al parámetro de rancidez los resultados dieron negativo lo que significa que el aceite estaba en muy buen estado.

A continuación, en la tabla IV-17, también se puede observar el contenido de ácidos grasos del aceite de nuez.

Tabla IV-17 Comparación de ácidos grasos con bibliografías

Parámetros	Unidad	Método de ensayos	Límite de detección	Resultados obtenidos	Aceite Argentina	Aceite Quito-Ecuador
Ácido oleico	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	25,54	20	19.17
Ácido esteárico	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	2,60	2	----
Ácido palmítico	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	8,60	7	5.05
Ácido linolénico	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	10,71	13	4.24
Acido linoleico	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	47,48	58	69.93
Ácido arachidico	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	2,10	----	----
otros	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	2,97	----	----

Fuente: centro de investigaciones químicas (CIQ)

En la tabla IV-17 se aprecia que el ácido graso insaturado con mayor porcentaje es el ácido linoleico con un 47.48%, seguido del ácido graso monoinsaturado, el ácido oleico, con un porcentaje de 25.54; estos ácidos son altamente funcionales y pertenecen a las familias Omega 6 y Omega 9, respetivamente.

En cuanto a los demás ácidos grasos se encuentran en los límites permisibles, las ligeras variaciones que puedan presentar los resultados del perfil de ácidos grasos respecto a los datos bibliográficos pueden ser explicado por las diferencias que existen en los factores ecológicos.

4.5. Costos de realización del estudio

A continuación, se presenta la tabla IV-18 con la información resumida de los costos para la realización del presente estudio.

Tabla IV-18 Costo total de la investigación

Descripción	Costo total (Bs)
Detalles de análisis de laboratorio	1 620
Detalle de servicios directos e indirectos	8 950
Detalle de materia prima	1 000
Detalle equipos e instrumentos	1 628
Detalle de materiales directos e indirectos	510
Costos energéticos	1,69
Total	13 709,69

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. Conclusiones

- Según lo establecido en la propuesta de trabajo, se realizó la extracción del aceite virgen de nuez (*Juglans regia L*) cultivada en el departamento de Tarija por el método de prensado en frío.

- La caracterización de materia prima se realizó en el laboratorio (CEANID), estableciendo los valores de los siguientes parámetros:

Tabla V-1 Parámetros de la materia prima

Parámetro	Técnica y/o método de ensayo	Unidad	Resultado obtenido
ceniza	NB 3903:10	%	2,02
Fibra	Gravimétrico	%	1,48
Grasa	NB 313019:06	%	62,36
Hidratos de carbono	Cálculos	%	18,70
Humedad	NB 313010:05	%	3,39
Proteína total (Nx5,30)	NB/ISO 8968-1:08	%	12,05
Valor energético	Calculo	Kcal/100g	684,24

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se llega a concluir que esta semilla puede constituir una importante materia prima para la elaboración de productos de mayor valor agregado demostrando un porcentaje alto de contenido de materia grasa.

- El rendimiento del proceso de extracción de aceite virgen de nuez (*Juglans regia L*) planteado según el diseño factorial se incrementa con el mayor tiempo de extracción (50 min), con el menor tamaño de partícula (2 mm) y la mayor presión (300 kg/cm²) al utilizar esta metodología se obtuvo un rendimiento de 35.97%. Este rendimiento del proceso de extracción de aceite de nuez mediante prensado en frío es ligeramente mayor al citado por (Chusquillo, 2014)(30%).
- Los resultados del diseño factorial utilizando el programa estadístico de SPSS señalan que las 3 variables el tiempo de extracción, tamaño de partícula y la presión, influyen significativamente en el rendimiento de extracción.

- La extracción de aceite virgen de nuez recién extraído presenta una coloración amarillenta, además de algunas impurezas como: residuos de semillas, que se eliminaron mediante filtración al vacío.
- Los parámetros fisicoquímicos, mediante los cuales definimos la calidad del aceite virgen de nuez presentan resultados dentro de las especificaciones internacionales dadas por el CODEX STAN 210-199 en los parámetros analizados. Los resultados se asemejan a los de bibliografía consultada, referente a la extracción experimental de aceite virgen de nuez obtenido por otros autores, si bien no existe una norma específica para los parámetros fisicoquímicos característicos de este aceite, de acuerdo a los criterios generales establecidos en la norma CODEX STAN 210-199, el producto obtenido si se encuentra dentro los límites establecidos.

Tabla V-2 Propiedades físico-químicas del aceite virgen de Nuez

Propiedades Físico - químicas	Aceite obtenido en Tarija-Bolivia
Acidez (% ác. Oleico)	0,19
Índice de peróxido (meq/kg)	n.d.
Rancidez	Negativo

Fuente: Elaboración propia

Tabla V-3 Resultados obtenidos de ácidos grasos

Parámetros	Unidad	Método de ensayos	Límite de detección	Resultados obtenidos
Ácido oleico	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	25,54

Ácido esteárico	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	2,60
Ácido palmítico	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	8,60
Ácido linolénico	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	10,71
Acido linoleico	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	47,48
Ácido arachidico	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	2,10
otros	% relativo	GC-FID Método FAME	0.01	2,97

Fuente: centro de investigaciones químicas (CIQ)

- Los parámetros fisicoquímicos aquí determinados para definir la calidad del aceite, no presentaron variaciones importantes; Como se observa en la tabla V-2 las pequeñas diferencias encontradas en algunos resultados obedecen a otros factores como la manipulación del producto y el estado de la semilla, entre otros.

En cuanto a los resultados obtenidos del perfil de ácidos grasos, estos porcentajes son similares a los de bibliografía.

5.1 Recomendaciones

- En esta investigación se encontraron buenos resultados en cantidad y calidad de aceite, sin embargo estos resultados son a escala experimental; por lo tanto es recomendable

realizar un estudio de producción de este aceite a escala comercial para su aplicación, recomendando adquirir una planta piloto de bajo volumen para el procesamiento de este aceite y así obtener datos de rendimiento y calidad de aceite que se asemejen más a la producción industrial a gran escala, mediante las condiciones y parámetros establecidos en esta investigación.

- Aplicar los conocimientos de la presente investigación para la introducción de aceite virgen de nuez al mercado nacional, ya que este tiene muchas aplicaciones y usos industriales, beneficiando tanto a los productores como a los consumidores.
- Siempre con el objetivo de buscar recursos que aporten beneficios a la recuperación y sostenibilidad sin sacrificar la productividad, se recomienda estudiar las cascarillas y la torta que queda después de la extracción de las semillas de nuez, para evaluar sus propiedades y potenciales usos.
- Se recomienda al DPIBA y a la Carrera de Ingeniería Química equipar al Laboratorio de Operaciones Unitarias con equipos que permitan avanzar las investigaciones propuestas.