

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

CARRERA INGENIERIA QUIMICA



**OBTENCION DE ACEITE DE SEMILLA DE MORINGA (*Oleífera Lam*)
MEDIANTE EXTRACCIÓN POR Prensado AL FRIO, CULTIVADA EN
LA PROVINCIA ARCE (DEPARTAMENTO DE TARIJA)**

Por:

CARLOS ANDRES MARIN

Modalidad de graduación Investigación Aplicada, presentando a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura de Ingeniería Química.

Noviembre de 2021

TARIJA-BOLIVIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

El presente proyecto, va dedicado a mis padres Willy Arduz Ruiz y María Cristina Marín Benítez, por su gran apoyo, por ser un gran pilar para mí, por acompañarme en esta etapa y brindarme todo su amor, comprensión y cariño.

A mis hermanas Alba, Gladis, Grisel y Karen, por su apoyo incondicional durante toda esta etapa de mi vida.

A mis padrinos Marco Antonio Barrios y Claudia López, por su amor, trabajo y apoyo incondicional en todos estos años.

Expresar mi agradecimiento a los docentes de la UAJMS, por ser un apoyo y un guía en mi proyecto de grado.

Mi agradecimiento más profundo va para mi familia, en especial a mi madre ya que sin su apoyo, comprensión, cariño e inspiración habría sido imposible llevar a cabo este logro.

Agradecer a mis compañeros de carrera por su apoyo y brindarme su amistad en estos años de estudio, por ser excelentes compañeros y amigos.

“No haber sido parte del proceso, pero si prometer estar en el resultado es mi forma de decir que nadie ha podido regresar el tiempo y empezar de nuevo, pero podemos recomenzar y hacer un nuevo final.”

GLOSARIO

Lípidos

Los lípidos son un grupo muy heterogéneo de compuestos orgánicos, constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno principalmente, y en ocasiones por azufre, nitrógeno y fósforo.

Oleaginosas

Son alimentos vegetales de los que puede extraerse aceite. Puede tratarse de frutos como las nueces, las almendras, las avellanas, los pistachos o las aceitunas; o bien de semillas de calabaza, de lino, de sésamo, de nuez de cola, de girasol, de moringa, etc.

Floculante

La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

Proteínas

Son una clase importante de moléculas que se encuentran en todas las células vivas. Una proteína se compone de una o más cadenas largas de aminoácidos, cuya secuencia corresponde a la secuencia de ADN del gen que la codifica.

Aminoácidos

Son compuestos orgánicos que se combinan para formar proteínas. Los aminoácidos y las proteínas son los pilares fundamentales de la vida. Cuando las proteínas se digieren o se descomponen, los aminoácidos se acaban.

Riboflavina

Es un tipo de vitamina B. Es hidrosoluble, lo cual significa que no se almacena en el cuerpo. Las vitaminas hidrosolubles se disuelven en agua. Conocida también como la vitamina B2, es importante para el crecimiento, desarrollo y funcionamiento de las células del organismo. La riboflavina ayuda a convertir los alimentos que consume en energía que necesita.

Alcaloide

Es un compuesto orgánico de tipo nitrogenado que producen ciertas plantas. Dichos compuestos generan efectos fisiológicos de distintas clases, que constituyen la base de drogas como la cocaína y la morfina. Los alcaloides son metabolitos secundarios de vegetales que se sintetizan mediante aminoácidos.

Poli electrolitos

Es, en química, cualquier polímero que posea grupos electrolitos. Los poli electrolitos son polímeros cuyas unidades de repetición soportan un grupo electrolito. Estos grupos se disocian en disoluciones acuosas (agua), por lo que quedan como polímeros cargados.

Endospermo

El endospermo es el tejido nutricional formado en el saco embrionario de las plantas con semilla; es triploide y puede ser usado como fuente de nutrientes por el embrión durante la germinación.

Liposolubles

Se llama liposoluble a las sustancias solubles en grasas, aceites y otros solventes orgánicos no polares como el benceno y el tetracloruro de carbono. Las vitaminas liposolubles, A, D, E y K son las que se disuelven en grasas y aceites.

Pigmentos

Es una materia colorante, es decir, su función principal es dar color a algo. ... Generalmente se usan pigmentos en polvo, que se agregan a un material incoloro o muy débil. Hay pigmentos que actúan como tintes permanentes y otros que, con el paso del tiempo, dejan de teñir la sustancia en cuestión.

Solvatación

La solvatación es una interacción de un soluto con un solvente que conduce a la estabilización de las especies del soluto en la solución. También puede referirse a estado solvatado, donde un ion en una solución está complejado por moléculas del solvente.

Lixiviación

Proceso hidrometalúrgico mediante el cual se provoca la disolución de un elemento desde el mineral que lo contiene para ser recuperado en etapas posteriores mediante electrólisis. Este proceso se aplica a las rocas que contienen minerales oxidados, ya que éstos son fácilmente atacables por los ácidos.

Resinas

La resina es una secreción orgánica que producen muchas plantas, particularmente los árboles del tipo conífera. Sirve como un recubrimiento natural de defensa contra insectos u organismos patógenos.

Antioxidantes

Los antioxidantes son sustancias naturales o fabricadas por el hombre que pueden prevenir o retrasar algunos tipos de daños a las células. Los antioxidantes se encuentran en muchos alimentos, incluyendo frutas y verduras. También se encuentran disponibles como suplementos dietéticos.

Polaridad

Son aquellas moléculas que sin estar compuestas de iones, presentan exceso de carga positiva en uno de los lados y de carga negativa en otro. Un ejemplo de molécula polar es el agua. El agua está formada de dos hidrógenos que se unen a un oxígeno por sendos enlaces covalentes.

Insoluble

Cuando algo se puede disolver, recibe la calificación de soluble. La solubilidad, por lo tanto, es una cualidad de estas sustancias, que se disuelven en otros materiales

denominados solventes. Por el contrario, las sustancias que no se disuelven son mencionadas como insolubles.

Inmiscible

Esto quiere decir que es inmiscible toda sustancia que no consigue conformar una franja homogénea de ningún modo.

Un ejemplo de sustancia inmiscible es el agua. Lo mismo ocurre con el éter etílico.

Viscosidad

Es la propiedad termo física de los fluidos ocasionada por sus fuerzas de cohesión molecular y resulta en la oposición que oponen a escurrir, por lo que requieren la aplicación de un esfuerzo o presión.

INDICE

Página

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES	1
La Moringa en Bolivia	2
OBJETIVOS.....	4
Objetivo general	4
Objetivos Específicos.....	4
JUSTIFICACION	4
Justificación tecnológica	4
Justificación económica	4
Justificación Social	5
Justificación ambiental.....	5
Justificación Personal.....	5

CAPITULO I

I. MARCO TEORICO	7
1.1. Descripción del cultivo.....	7
1.2. Taxonomía del cultivo.....	7
1.3. Uso de la planta.....	8
1.4. Semilla.....	10
1.5. Contenido de ácido grasos en la semilla	10
1.6. Aceites vegetales.....	11
1.7. Características de los aceites vegetales	12
1.8. Extracción Soxhlet	12
1.8.1 Partes del equipo soxhlet	14
1.8.2 Solventes.....	15
1.8.3 Solventes a utilizar	16
1.9. Arrastre de vapor.....	17
1.9.1 Ley de Dalton.....	18
1.9.2 Presión de vapor.....	18
1.10. Extracción por prensa.....	19

CAPITULO II

II. PARTE EXPERIMENTAL	22
2.1. Caracterización de la materia prima: Semilla de Moringa	22
2.2. Descripción Física de la Materia Prima	22
2.3. Descripción de la metodología del estudio de Investigación	23
2.4. Selección del proceso de extracción de aceite a partir de semillas	24
2.5. Diseño Factorial	30
2.5.1 Selección de Variables del Proceso Factorial	30
2.5.2 Diseño Factorial 3k	30
2.6. Procedimientos y técnicas empleadas para la obtención de resultados.....	33
2.6.1 Equipos y Materiales utilizados en la obtención de Aceite de Moringa	33
2.7. Material de laboratorio utilizado.....	36
2.8. Descripción del proceso experimental seleccionado.....	36
2.9. Descripción y análisis de la materia prima.....	38
2.9.1 Calculo del porcentaje de cascaras en la Semilla de Moringa.....	38
2.9.2 Recepción de la materia prima.....	38
2.9.3 Selección.....	39
2.9.4 Pelado	39
2.9.5 Triturado	40
2.9.6 Tamizado	40
2.9.7 Pesado.....	41
2.9.8 Prensado	41
2.9.9 Filtrado	42
2.9.10 Almacenamiento	42

CAPITULO III

III. Resultados y Discusión	44
3.1. Balance de Materia del Proceso Tecnológico Experimental de Obtención de aceite de Semillas de Moringa.....	44
3.1.1 Resumen del Balance de Materia del Proceso	51
3.2. Balance de Energía del Proceso Tecnológico Experimental de Obtención de Aceite de Semillas de Moringa.....	52

3.3. Análisis Estadístico del Diseño Experimental	53
3.3.1 Calculo del análisis de Varianza	55
3.4. Análisis del producto obtenido	60
3.5. Análisis Sensorial del Aceite de Semilla de Moringa	61
3.6. Comparación del Aceite de Semillas de Moringa.....	64
3.7. Comparación del Rendimiento del Aceite de Semillas de Moringa (<i>Oleífera Lam</i>) con Aceites Obtenidos en otros Países.....	65
3.8. Influencia de los Parámetros sobre el Rendimiento	66
3.8.1 Condiciones Recomendadas para el proceso de Extracción.....	66
3.9. Evaluación de costos	68
3.10. Costos de Producción	70

CAPITULO IV

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
4.1. Conclusiones.....	73
4.2. Recomendaciones.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	75

INDICE DE TABLAS

	Paginas
Tabla I-1 Taxonomía del cultivo de Moringa (oleífera Lam)	7
Tabla I-2 Contenido en semilla de ácidos grasos y grasas	11
Tabla II-1 Escala de calificación Likert	25
Tabla II-2 Valores de Ponderación	25
Tabla II-3 Selección del Método experimental de extracción de Aceite de Moringa	27
Tabla II-4 Matriz de decisión para el método experimental de extracción de aceite de Moringa	29
Tabla II-5 Codificación de las Variables	31
Tabla II-6 Valores Asignados para los Tres Niveles de cada Factor.....	32
Tabla II-7 Diseño Factorial para el Proceso de Extracción.....	32
Tabla II-8 Materia de Laboratorio utilizado.....	36
Tabla III-1 Especificaciones de las corrientes másicas del balance de materia	44

Tabla III-2 Resumen del Balance de Materia.....	51
Tabla III-3 Valores del Consumo Energético del Balance de Energía	53
Tabla III-4 Datos Experimentales del Proceso de Extracción de Aceite de Semilla de Moringa	54
Tabla III-5 Datos para el Análisis de Varianza	55
Tabla III-6 Factores Inter-Sujetos.....	56
Tabla III-7 Pruebas de los Efectos Inter-Sujetos.....	56
Tabla III-8 Variables Introducidas/Eliminadas	57
Tabla III-9 Ajustes de Datos para el Modelo Lineal General	58
Tabla III-10 ANOVA (a)	58
Tabla III-11 Coeficientes (a).....	58
Tabla III-12 Resultados del Porcentaje Experimental y el Obtenido con el Modelo Matemático.....	59
Tabla III-13 Resultados los Análisis del producto Obtenido	61
Tabla III-14 Comparación del Aceite Obtenido con otros Autores.....	65
Tabla III-15 Comparación de Resultados de Rendimiento	65
Tabla III-16 Datos Experimentales del Proceso de Extracción de Aceite Esencial de Moringa	66
Tabla III-17 Datos Experimentales del Proceso de Extracción de Aceite de Semillas de Moringa Empleando el Factor de Presión	67
Tabla III-18 Condiciones de Operación Recomendadas para el Proceso de Obtención de Aceite de Semillas de Moringa	67
Tabla III-19 Detalle de Costos de Materia Prima y Transporte	68
Tabla III-20 Detalle de Costos de Materiales Empleados en la Extracción de Aceite de Semillas de Moringa.....	68
Tabla III-21 Detalle de Costos de Análisis Físicoquímico de Aceite de Obtenido	69
Tabla III-22 Detalle de Costos de Servicios y Materiales Directos e Indirectos.....	69
Tabla III-23 Detalle de Costos Totales	69
Tabla III-24 Detalle de Costos de Requerimiento Energético	70
Tabla III-25 Detalle de Costos de Materia Prima y mano de Obra	70

Tabla III-26 Detalle de Costos de Producción	71
--	----

INDICE DE FIGURAS

	Paginas
Figura 1-1 Partes y usos del cultivo de Moringa (oleífera Lam).....	10
Figura 1-2 Proceso de extracción de aceite por solvente	14
Figura 1-3 Equipo de laboratorio para destilación por arrastre de vapor.....	18
Figura 1-4 Proceso de extracción de Aceite por prensado	20
Figura 2-1 Materia Prima Semilla de Moringa.....	23
Figura 2-2 Esquema de la Metodología de Estudio	24
Figura 2-3 Prensa Hidráulica.....	33
Figura 2-4 Bomba de Vacío	34
Figura 2-5 Molino de Discos	34
Figura 2-6 Tamiz Vibratorio	35
Figura 2-7 Balanza Eléctrica	36
Figura 2-8 Diagrama de flujo de proceso para la extracción de aceite de semilla de Moringa (<i>Oleífera Lam</i>).....	37
Figura 2-9 Diagrama de Bloques del Proceso de Obtención de Aceite de Semillas de Moringa	37
Figura 2-10 Selección de la materia prima.....	39
Figura 2-11 Semilla de Moringa pelada.....	39
Figura 2-12 Semillas trituradas	40
Figura 2-13 Semillas de Moringa de 5-4-2 mm de diámetro	40
Figura 2-14 Pesado de las Semillas	41
Figura 2-15 Prensado de la materia prima	41
Figura 2-16 Filtrado del Aceite	42
Figura 2-17 Almacenamiento del Aceite	42

Figura 3-1 Diagrama de Bloques del Proceso Tecnológico Experimental	44
Figura 2-2 Etapa de Selección	45
Figura 3-3 Etapa de Pelado	46
Figura 3-4 Etapa de Triturado	47
Figura 3-5 Etapa de Tamizado	48
Figura 3-6 Etapa de Prensado.....	48
Figura 3-7 Etapa de Filtrado.....	49
Figura 3-8 Resumen del Balance de Materia de la Obtención de Aceite de Semillas de Moringa.....	51

RESUMEN

El presente estudio estuvo orientado a la extracción de aceite de Semillas de Moringa de la provincia Arce del departamento de Tarija.

Se determinaron las características físicas de las Semillas de Moringa recolectadas, así como el contenido de humedad (5,57 %) de las Semillas.

Se evaluó el rendimiento del aceite obtenido por el método prensado al frío. El porcentaje de rendimiento promedio fue de 11.92%. Las variables estudiadas fueron la granulometría de las semillas (entera 5mm, triturada de 4mm y triturada de 2 mm), y la presión de extracción (2000psi, 4000psi y 6000psi). El análisis estadístico mostró que ambos factores son significativos en el proceso de extracción del aceite.

El análisis por separado de la influencia de la granulometría sobre el rendimiento comprobó que efectivamente la molienda de las semillas incrementa el rendimiento del aceite.

En cuanto a la presión de extracción, la mayor cantidad de aceite se extrajo con la mayor presión de 600psi y una granulometría de 2mm.

Las características fisicoquímicas del aceite obtenido fueron: Acidez 0.88%, pH 6.86, rancidez Negativo, índice de refracción 1.4659 y densidad relativa 0.9143.

El costo de producción para la extracción experimental (a escala laboratorio) de Aceite de Semillas de Moringa es de 240.291 Bs (incluye mano de obra).

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

Los aceites vegetales son un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas, está compuesto por lípidos, es decir, ácidos grasos de diferentes tipos. La proporción de estos ácidos grasos y sus diferentes características, son las que dan las propiedades a los distintos aceites vegetales existentes.

El aceite de moringa (*Oleífera Lam*) se extrae de las semillas del árbol de moringa, es uno de los aceites más valiosos que existen. Los beneficios de este son numerosos, esto lo convierte entre otras cosas, en un producto de gran valor para el tratamiento de la piel, un hecho bien conocido en el mundo antiguo. Los beneficios curativos y embellecedores del aceite de Moringa se han documentado durante miles de años. Los romanos y los griegos extrajeron aceite comestible de las semillas y lo usaron para perfumes, lociones para la piel y ungüentos.

En Egipto, el aceite de Moringa se usó para proteger la piel contra los estragos del polvo, la arena y el sol y durante largos viajes por el desierto. Simplemente puede ser la razón por la cual las personas en estos países a menudo son admiradas por su aspecto juvenil y radiante. Los egipcios también lo usaron como parte de sus rituales de entierro y colocaron jarrones con aceite valioso y venerado en tumbas para honrar a sus muertos.

Hoy en día, este aceite es un producto codiciado y lujoso, y es uno de los aceites más deseados en cosméticos para el cuidado de la piel. A menudo se compara con el aceite de oliva y el aceite de argán; sin embargo, los beneficios del petróleo de Moringa superaron a los de sus competidores en gran medida.

A nivel mundial, la India es el mayor productor y proveedor de Moringa. En 2017, se estima que las exportaciones anuales globales de moringa (incluido el polvo de hoja, aceite de semilla y otros productos) de la India ascienden a alrededor de 500 toneladas, de las cuales aproximadamente 100–200 toneladas van a Europa, 100 toneladas a Asia y 200 toneladas a América (CBI Ministry of Foreign Affairs, 2018).

En el año 2014, Paraguay exportó 4 toneladas de Moringa, de las cuales 2 toneladas en aceite de semillas, 1 tonelada de hojas secas el resto en otros productos a España. Así como Brasil, Colombia y Argentina exportan los mismos productos de Moringa a otros países de Europa como Alemania, Italia, Reino Unido y Francia.

Si bien en nuestro país el consumo es mínimo y se limita a las infusiones, mate y té en otros países, principalmente los europeos, son utilizados en alimentos y cosmética. La demanda de aceite de Moringa puro por parte de la industria cosmética europea se multiplicó en unos años y aún sigue experimentando un crecimiento anual, lo que brinda una oportunidad de exportación del producto en algunos países de clima tropical (Mapachito, 2018).

La Moringa en Bolivia

El cultivo de moringa en Bolivia según el Censo Agropecuario en el año 2013 contaba con cuatro hectáreas en superficie y el aprovechamiento de la producción de hojas o semillas es nulo a nivel nacional.

Superficie en hectáreas de moringa oleífera en Bolivia

Cultivo	Superficie (Has)	Aprovechamiento
Cultivo de moringa	4	-

Fuente: INE, Censo Agropecuario, 2013.

En la actualidad la moringa está ganando espacio en los cultivos a nivel nacional ya que hay más de 100 000 plantines en todo el país. En Santa Cruz existen 100 (ha). Que están produciendo de forma normal y en menor escala hay cultivos en Cochabamba, La Paz, Sucre, Tarija y Pando. Se cosecha 4 veces al año, a los 3 meses ya se realiza la primera cosecha de hojas que luego de tratarlas es convertida en polvo vitamínico, cápsulas, además de otros 60 productos naturales (Brunner, 2015).

Cultivo de Moringa a Nivel Nacional

Cultivo	Departamento	Superficie (Has)
Cultivo de moringa	La Paz	20
	Tarija	50
	Santa Cruz	100
	Pando	5
	Sucre	50
	Cochabamba	30

Fuente: INE, Censo Agropecuario, 2019.

El cultivo de moringa en Pando es casi nulo, a pesar de que las condiciones son muy aptas para el desarrollo de la planta. Pando cuenta con 5 hectáreas de plantación de moringa.

Los cultivos de la producción de semillas de Moringa en el municipio de Bermejo y comunidades aledañas están quedando sin aprovechamiento, por la falta de información acerca de las propiedades de la planta de Moringa (*oleífera Lam*) por lo tanto existe una desmotivación para el cultivo de Moringa, por este motivo va decreciendo la expansión de este cultivo, a partir de esta idea nace la necesidad de obtener aceite de semilla de Moringa.

OBJETIVOS

Objetivo general

Obtener, experimentalmente, Aceite de Semillas de Moringa (*oleífera Lam*) mediante extracción por prensado al frío, cultivadas en la provincia Arce (Departamento de Tarija)

Objetivos Específicos

- ❖ Caracterizar las propiedades físicas y químicas de la materia prima: Semilla de Moringa (*Oleífera Lam*).
- ❖ Caracterizar el producto a obtener: aceite de Semilla de Moringa (*Oleífera Lam*) obtenido en la fase experimental en el marco de normas y estándares de producción establecida.
- ❖ Realizar el balance de materia y energía para la obtención de aceite de Semilla de Moringa (*Oleífera Lam*).
- ❖ Determinar el rendimiento o eficiencia del proceso tecnológico de extracción utilizado para la obtención de aceite a partir de la Semilla de Moringa (*Oleífera Lam*).

JUSTIFICACION

Justificación tecnológica

Debido a que el proceso de extracción por prensado permite aumentar el rendimiento en la obtención de aceite a partir de oleaginosas, la presente investigación, sirve para obtener datos referenciales del proceso de obtención de Aceite de Moringa mediante extracción por prensado, generando nuevas ideas, datos confiables y recomendaciones acerca de la obtención de aceite de alta pureza.

Justificación económica

La extracción de aceite de Moringa da un valor agregado a este recurso natural, ya que este no es muy conocido en nuestro País, incorporar este producto en el mercado nacional, puede beneficiar a industrias aceiteras, que busquen innovar produciendo nuevos productos como el Aceite de Moringa, cuyas propiedades lo hacen producto sustentable y le confieren un gran potencial con amplia gama de aplicaciones.

Justificación Social

La realización del presente proyecto, se enfoca en proveer un mecanismo fácil de obtención de aceite de Moringa, producto que puede ser consumido como suplemento alimenticio y también porque presenta beneficios para la salud como, disminuye el colesterol malo y aumenta el colesterol bueno, lo cual es una manera de prevenir arteriosclerosis y disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y mala circulación.

Producir aceite a partir de semilla de Moringa, implica obtener un producto con mayor valor económico, para incentivar el fortalecimiento de la producción nacional agrícola de Moringa.

Justificación ambiental

En el proceso de obtención del Aceite; la semilla sobrante puede utilizarse como floculante en tratamiento de aguas residuales, implementar el proceso de floculación de agua sin generar daños al medio ambiente y a los seres que de ella se benefician como alternativa de manejo de aguas residuales del sector agropecuario y agroindustrial.

Justificación Personal

Contribuir en la actividad de extracción de aceite de Moringa en Bolivia ya que aún es una práctica no investigada y desarrollada, no existe un método estandarizado para su extracción por lo que es necesario buscar un método eficaz y eficiente para la extracción del aceite para que pueda ser incluido a nivel nacional en la dieta de los bolivianos con el fin de poder aprovechar sus componentes nutricionales para complementar las dietas alimenticias deficientes en energía, proteína, vitaminas y otros nutrientes que se encuentran en menor cantidad.

CAPITULO I
MARCO TEORICO

I. MARCO TEORICO

1.1. Descripción del cultivo

Es un árbol originario de la India, se encuentra diseminado en una gran parte del planeta. En América Central fue introducido en los años 1920 como planta ornamental y para cercas vivas, se encuentra en áreas desde el nivel del mar hasta los 1800 msnm. Se puede reproducir por estacas o semillas. El árbol alcanza de 7 a 12 m de altura y de 20 a 40 cm de diámetro, con una copa abierta, tipo paraguas. Las hojas tienen una longitud total de 30 a 70 cm, las flores bisexuales con pétalos blancos, estambres amarillos, perfumadas. Frutos en cápsulas trilobuladas, dehiscentes de 20 a 40 cm de longitud. Contienen de 12 a 25 semillas por fruto. Las semillas son de forma redonda y color castaño oscuro con 3 alas blanquecinas. Cada árbol puede producir de 15000 a 25000 semillas por año. El árbol de Moringa (*oleífera Lam*), posee un alto contenido de proteínas en sus hojas, ramas y tallos. Sus frutos y flores contienen vitaminas A, B y C y proteínas. Las semillas tienen entre 30 y 42% de aceite y su torta contiene un 60% de proteína (Foidl , Mayorga , & Vásquez, 2019).

1.2. Taxonomía del cultivo

El cultivo de Moringa (*oleífera Lam*) con nombre genérico que deriva de la lengua malayo Muringa, se le denomina también Marango, y el término que acompaña su nombre, oleífera significa: “que produce aceite” y usa la siguiente clasificación taxonómica descrita en la Tabla I-1.

Tabla I-1 Taxonomía del cultivo de Moringa (*oleífera Lam*)

Clasificación	Descripción
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Sub clase	Dilleniidae
Clase	Magnoliopsida
Orden	Capparidales
Familia	Moringaceae
Genero	Moringaceae
Especie	<i>Moringa Oleífera</i>
Nombre científico	<i>Moringa Oleífera Lam</i>
Fuente: Lanmark, 1783, citado en Valencia, 2019	

1.3. Uso de la planta

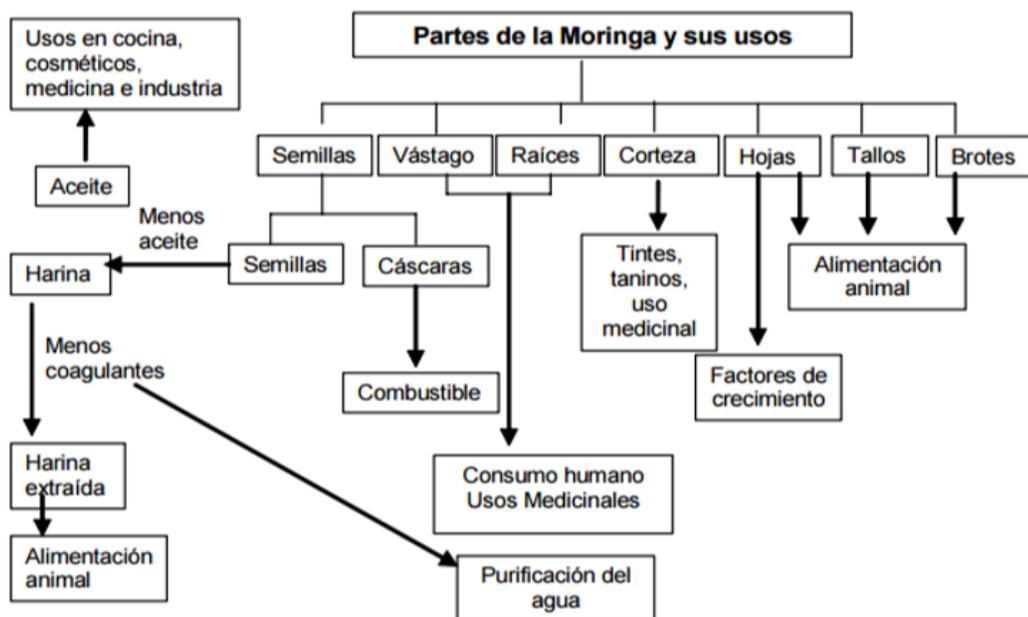
Desde el punto de vista forestal, tiene capacidad para prosperar en terrenos baldíos y proporcionar una cobertura arbórea rápida, lo que podría ser una alternativa para muchos proyectos de reforestación en zonas secas. Probablemente, también sea un buen cultivo asociado para especies de crecimiento más lento que con el tiempo dominarán el sitio. Por su raíz pivotante y profunda y su copa rala, es susceptible de ser utilizada en los sistemas silvopastoriles. La moringa se ha destacado dentro de un grupo de árboles no leguminosos como planta promisoría para los sistemas mixtos de corte y acarreo, así como en la formación de barreras cortavientos y cercas vivas por su resistencia a la sequía, el control de la erosión y su capacidad para vegetar en suelos degradados. Por sus virtudes alimenticias, culinarias y medicinales, la moringa se cultiva en muchas regiones tropicales y subtropicales del mundo: en el sureste asiático y la India, el consumo de moringa es tradicional; en África, las ONG lo están promocionando desde la década de los 90, ya que permite alimentar a bajo costo, con rapidez y eficacia a gran número de personas; y en América, su cultivo está empezando a dejar de ser desconocido. En la actualidad es una especie prácticamente desconocida en la Península. Su uso como alimento está recogido en el Codex Alimentario español y en Europa está considerado como un alimento no nuevo. (Godino, 2016, citado en Valencia, 2019).

Su composición nutricional en vitaminas, aminoácidos, micronutrientes es atípica en una planta. Suele decirse que las hojas frescas de moringa tienen siete veces más vitamina C que las naranjas, cuatro veces más vitamina A que la zanahoria, cuatro veces más calcio que la leche, tres veces más potasio que los plátanos y 0,75 veces el hierro de la espinaca. Como fuente de proteínas, las hojas pueden superar el 30 %. Las hojas, por su buen sabor y su alto valor nutritivo (más del 27 % de proteínas, 18 de los 20 aminoácidos y con todos los aminoácidos esenciales, minerales, beta carotenos, riboflavinas y vitaminas A, B y C), se consumen frescas, en forma de ensalada o en guisos; o secas, añadiéndola a los guisos como una especia más o, como complementos nutricionales, en cápsulas o en infusiones. Su uso medicinal está

recogido en libros de farmacia y medicina antiguos. Su consumo ayuda a mejorar muchos problemas derivados de la mala alimentación (diabetes, tensión alta, colesterol, artritis, etc.). Sus vainas, largas, también son comestibles cuando están tiernas, pero deben ser de las variedades verdes pues las moradas son muy fibrosas. Cocidas o a la plancha, cuando están tiernas, tienen un sabor semejante al de los espárragos. Las vainas maduras, peladas, se utilizan en guisos. Sus flores también son comestibles lo mismo que las raíces. En la piel de las raíces y en la corteza se encuentra la moringinina, alcaloide que puede ser abortivo, por lo que es importante pelar las raíces antes de su consumo. Las semillas, son comestibles, aunque amargas, son oleaginosas y contienen entre 33 y 41 % de un aceite de calidad. También contienen polielectrolitos, que la confieren una capacidad floculante natural. Estos polielectrolitos se mantienen en la torta después de haber prensado las semillas. Otros usos de la torta resultante son como alimento para el ganado y como abono rico en nitrógeno (Godino, 2016, citado en Valencia, 2019).

Los usos de la Moringa (*oleífera Lam*) pueden ser alimentarios, industriales, medicinales y agrícolas como en la distribución en la figura 1-1.

Figura 1-1 Partes y usos del cultivo de Moringa (*oleífera Lam*)



Fuente: Foidl, 2001, citado en Valencia, 2019

1.4. Semilla

Las semillas de la moringa son carnosas, de color pardo oscuro, globulares y de aproximadamente 1cm diámetro, con tres alas y una consistencia papirácea; su endospermo es blanquecino y muy oleaginoso. Aparentemente existen variaciones en los pesos de las semillas de acuerdo con la variedad, desde 3000 a 9000 semillas por kilogramo. Cada árbol puede producir de 15 000 a 25 000 semillas por año. Las vainas maduras con semillas permanecen en el árbol por varios meses antes de partirse y de liberarlas, las cuales son dispersadas por el viento, agua y probablemente animales. (Cáceres, 1996, citado en Valencia, 2019).

1.5. Contenido de ácido grasos en la semilla

El contenido presente en la semilla de Moringa (*oleífera Lam*), refleja diferentes tipos de ácidos que según el número de cadenas de carbonos presentes reciben una clasificación específica, así como tipos de grasas detalladas en la Tabla.

Tabla I-2 Contenido en semilla de ácidos grasos y grasas

Parámetro	Valor
Agua	0
Glúcidos	0
Proteínas	0
Fibras	0
Grasas, de las cuales	100
Grasas saturadas: (ácidos grasos saturados)	20,8
Ácido mistirico	0,1
Ácido palmítico	6,2
Ácido palmitoleico	1,1
Ácido esteárico	4,8
Ácido behenico	6,2
Ácido araquidico	3,5
Grasas insaturadas, de las cuales: (ácidos grasos insaturados)	78,6
Grasas mono insaturadas: (ácidos grasos mono insaturados)	77,1
Ácido oleico	74,4
Ácido gadoleico	1,6
Grasas poliinsaturadas: (ácidos grasos poliinsaturados)	1,5
Ácido linoleico, omega 6	1,2
Ácido linolenico, omega 3	0,3

Fuente: Rahman, 2019, citado en Valencia, 2019

1.6. Aceites vegetales

Los aceites vegetales son compuestos orgánicos obtenidos a partir de semillas u otras partes de las plantas, están compuestos por lípidos, es decir, ácidos grasos de diferentes tipos. La proporción de estos ácidos grasos y sus diferentes características, son las que dan las propiedades a los distintos aceites vegetales existentes.

Los aceites y las grasas vegetales se extraen de las semillas oleaginosas de frutas y pepitas. No solamente se utilizan para la alimentación, sino que también, son

utilizadas con fines industriales. Dependiendo del tipo de materia prima se utiliza un método y otro para su extracción. Esto es así porque es necesario separar el líquido (aceite) de la parte sólida (BUNGE, 2019).

1.7. Características de los aceites vegetales

El estado habitual de los aceites vegetales es líquido a temperatura ambiente, al contrario que sucede con las grasas de origen animal, que suelen ser sólidas a esta temperatura, esto se debe a que tienen mayor contenido de ácidos grasos saturados. Los aceites vegetales están constituidos principalmente por ácidos grasos insaturados, que son el mono insaturados y poliinsaturados, los que les da la característica de ser líquidos a temperatura ambiente.

El ácido graso mono insaturado más abundante en la naturaleza es el ácido oleico, y es el principal constituyente de las avellanas, el aceite de oliva y de la dieta mediterránea. Los aceites de canola, cacahuete y moringa también lo tienen en buena cantidad.

Los ácidos grasos poliinsaturados más habitualmente consumidos son el linoleico y el linolenico, conocidos también como omega 6 y omega 3, que los podemos encontrar en la linaza, nueces y la moringa, respectivamente. Los aceites vegetales disminuyen niveles de colesterol son antiinflamatorios y pueden ser usados en la industria como componentes en la cosmética (Equipo de botanical-Online encargado de la redacción de contenidos, 2019)

1.8. Extracción Soxhlet

Es la técnica de separación sólido-líquido comúnmente usada para la determinación del contenido graso en muestras de diferente naturaleza. De igual modo, puede ser usada como técnica preparativa de muestra como paso previo al análisis mediante otra técnica instrumental. Aunque su campo de aplicación es fundamentalmente el agroalimentario es también de utilidad en el área medioambiental, así es el método de análisis recomendado para la determinación del aceite y la grasa total recuperable en aguas de vertidos industriales permitiendo la determinación de hidrocarburos

relativamente no volátiles, aceites vegetales, grasas animales, ceras, jabones y compuestos relacionados. Como ya hemos comentado, el contenido de materia grasa es uno de los parámetros analíticos de interés en los productos destinados a la alimentación, tanto humana como animal, y, en consecuencia, su determinación es muy habitual. El procedimiento para llevar a cabo su extracción se basa en la extracción sólido-líquido en continuo, empleando un disolvente, con posterior evaporación de éste y pesada final del residuo. El resultado representa el contenido de sustancias extraíbles, que mayoritariamente son grasas, aunque también hay otras sustancias como las vitaminas liposolubles y pigmentos en el caso de su determinación en alimentos. (Núñez, 2008, citado en Valencia, 2019).

Según (Grau, 1982, citado en Valencia, 2019), su funcionamiento consiste en hacer hervir en el matraz el disolvente con el cual se va a extraer la materia sólida deseada que se encuentra en la muestra depositado en el cartucho del Soxhlet. Los vapores del disolvente ascienden por el extractor y se condensan en el refrigerante cayendo gota a gota sobre el cartucho. La parte soluble pasa por gravedad al matraz.

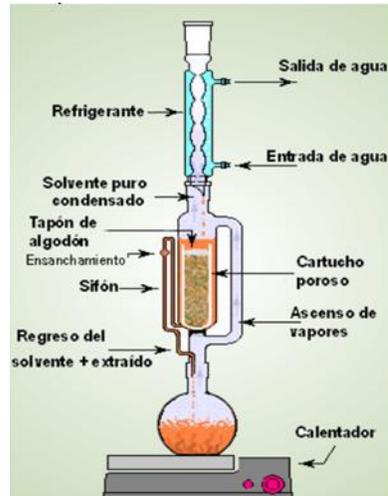
Otros extractores de Soxhlet se construyen de tal modo que el disolvente llena la cámara de extracción y la disolución resultante es sifonada al matraz de destilación, el proceso se repite automáticamente hasta que la extracción es completa.

La sustancia sólida se introduce en un cartucho poroso (generalmente hecho con papel de filtro, que permite al solvente entrar y salir reteniendo al sólido) que se coloca dentro del recipiente B. Se adosa un balón C a dicho recipiente donde se coloca el volumen de solvente que se utilizará en la extracción. Por el extremo superior del recipiente B, se coloca un condensador D.

El solvente se calienta; los vapores ascienden por el tubo E, condensan en el refrigerante D y caen dentro del recipiente B impregnando al sólido que se encuentra en el cartucho A. El recipiente B se va llenando lentamente de líquido hasta que llega al tope del tubo F y se descarga dentro del balón C por efecto de sifón, llevando consigo a la sustancia extraída. El proceso se repite automáticamente hasta que la extracción se completa. El solvente de extracción se evapora, recuperando así a la

sustancia deseada. En la figura 4-3 se describe visualmente las partes del aparato Soxhlet para comprender su funcionamiento.

Figura 1-2 Proceso de extracción de aceite por solvente



Fuente: Núñez, 2008, citado en Valencia, 2019

En todos los casos es primordial la elección del solvente de extracción. Cuando no se conoce la estructura del compuesto que se desea extraer, se utilizan diferentes solventes (de menor a mayor polaridad) y se determina dónde queda el compuesto luego de cada extracción mediante técnicas cromatográficas (cromatografía en capa delgada, cromatografía gas-líquido, etc.). De esta forma se busca el sistema de solvente/s más apropiado/s tanto para una extracción líquido-líquido como sólido-líquido.

1.8.1 Partes del equipo soxhlet

Según (Núñez, 2008, citado en Valencia, 2019), las partes y el funcionamiento del aparato Soxhlet son las siguientes:

Cartucho: Es un recipiente cilíndrico con base semiesférica para que se apoye perfectamente, El cartucho es donde se coloca la muestra.

Tubo refrigerante: Es usado para condensar los vapores que se desprenden.

Tubo Soxhlet: Consta de un cuerpo cilíndrico con boca esmerilada y un tubo sifón protegido por el tubo para pasaje de vapor. La parte inferior del extractor termina en una unión esmerilada para adaptarse al tubo extractor. Se utiliza como condensador de vapores.

Matraz Fondo Plano: Ahí se coloca el solvente y además es ahí en donde se termina depositándose toda la grasa y el solvente.

Calentador: Cumple la función de calentar el solvente que se encuentra en el matraz para que este desprenda vapores.

Sifón: Es un tubo el cual es la clave del equipo Soxhlet.

1.8.2 Solventes

Se describe el solvente como una sustancia que forma parte en mayor cantidad de una solución. La solución es compuesta por la combinación y tratamiento de un soluto (en menor cantidad, por lo general sólido o líquido, pero con mayor concentración) y un solvente (líquido con propiedades propicias para que ese soluto se disuelva correctamente). El soluto universal es el agua, por su neutralidad en el proceso y su fácil adaptación a la transformación de nuevas moléculas de otros elementos.

El solvente es también conocido como disolvente, ya que el soluto al entrar en contacto con el solvente, este se esparce por todo el espacio del solvente y por ser este último de mayor cantidad, envuelve y nutre a las moléculas del soluto formando un compuesto con propiedades combinadas del sólido y líquido, este proceso es conocido en la preparación de soluciones como solvatación.

Un punto importante es la concentración de la solución, si bien es cierto que el solvente por lo que define el estado físico de la solución, la cantidad de soluto representa por lo tanto la concentración, el dominio del compuesto que se establece que, a menor cantidad de solvente y mayor de soluto, esta será más concentrada y en algunos casos, hasta otro tipo de condición física, como por ejemplo el estado acuoso, un estado físico de la materia a medio camino entre el líquido y el sólido (Chang, 1999, citado en Valencia, 2019).

1.8.3 Solventes a utilizar

Una norma o técnica obviamente que el solvente estará indicado. Pero con frecuencia, particularmente en los laboratorios de investigación, se suelen realizar extracciones no normalizadas. Por eso es conveniente saber el rango de estas sustancias que se pueden utilizar en el extractor Soxhlet. (Núñez, 2008, citado en Valencia, 2019).

La experiencia que se posee es que hay una temperatura máxima y mínima de ebullición en la que el equipo funciona adecuadamente. En el extremo inferior se encuentra el diclorometano (cloruro de metilo) que se utiliza para la extracción de grasas y resinas de manera selectiva. Este solvente tiene un punto de ebullición de 40° muy cercano a la temperatura ambiente particularmente en los climas cálidos. Cuando se efectúa una extracción con el agua de refrigeración a 26°C, se pierde más de la mitad del solvente. (Núñez, 2008, citado en Valencia, 2019).

Con respecto al extremo superior hay que decir que para la cantidad de energía limitada que generan los calentadores eléctricos comunes, a medida que aumenta el punto de ebullición disminuye significativamente el caudal de solvente que se evapora y por ende la velocidad de extracción. Sin embargo, hay que hacer notar que además del punto de ebullición es importante el calor latente de evaporación. Así se puede por ejemplo trabajar con esencia de trementina con cierta facilidad, aunque se evapore a 145°C, y no obstante las extracciones con agua se hacen demasiado lentas casi al punto de que no sean factibles. (Núñez, 2008, citado en Valencia, 2019).

El disolvente a utilizar en una operación de lixiviación debe tener las siguientes características:

- Elevado límite de saturación y selectividad para con el soluto a ser extraído.
- Estabilidad química bajo las condiciones del proceso.
- Viscosidad, presión de vapor, toxicidad, inflamabilidad, densidad y tensión superficial bajas.
- La Recuperación del extracto debe ser favorable.

1.9. Arrastre de vapor

Se define a la destilación como “la separación de componentes de una mezcla de 2 o más líquidos por medio de la diferencia de su presión de vapor”. Es un método que consiste en separar sustancias insolubles en agua y ligeramente volátiles, de otros productos no volátiles; de esta forma, compuestos orgánicos de alto punto de ebullición son destilados con cierta rapidez por debajo del punto de ebullición del agua, al lograr ser arrastrados por el vapor generado. La destilación es una operación utilizada con frecuencia para la purificación y aislamiento de líquidos orgánicos. La destilación aprovecha las volatilidades y puntos de ebullición de los componentes líquidos a separar. La destilación por arrastre con vapor también se emplea con frecuencia para separar aceites de tejidos vegetales. Los aceites vegetales son mezclas complejas de hidrocarburos, terpenos, alcoholes, compuestos carboxílicos, aldehídos aromáticos y fenoles y se encuentran en hojas, cáscaras o semillas de algunas plantas.

La obtención de los aceites vegetales es realizada comúnmente por la tecnología llamada de destilación por arrastre con vapor, en sus diferentes modalidades. La pureza y el rendimiento del aceite vegetal dependerán de la técnica que se utilice para el aislamiento. (Guenther, 1948, citado en Valencia, 2019).

A continuación, se muestra en la figura 1-3, la distribución de cada componente del sistema de arrastre de vapor y la cristalería que se necesita para la destilación (Aguilar Villalobos, 2012).

Figura 1-3 Equipo de laboratorio para destilación por arrastre de vapor.



Fuente: Aguilar Villalobos, 2012

1.9.1 Ley de Dalton

El vapor saturado de los líquidos inmiscibles sigue la Ley de Dalton sobre las presiones parciales, que dice que: cuando dos o más gases o vapores, que no reaccionan entre sí, se mezclan a temperatura constante, cada gas ejerce la misma presión que si estuviera solo y la suma de las presiones de cada uno, es igual a la presión total del sistema. Al destilar una mezcla de dos líquidos inmiscibles, su punto de ebullición será la temperatura a la cual la suma de las presiones de vapor es igual a la atmosférica. Esta temperatura será inferior al punto de ebullición del componente más volátil. Si uno de los líquidos es agua (destilación por arrastre con vapor de agua) y si se trabaja a la presión atmosférica, se podrá separar un componente de mayor punto de ebullición que el agua a una temperatura inferior a 100°C. Esto es muy importante cuando el compuesto se descompone a su temperatura de ebullición o cerca de ella. En general, esta técnica se utiliza cuando los compuestos cumplen con las condiciones de ser volátiles, inmiscibles en agua, tener presión de vapor baja y punto de ebullición alto.

1.9.2 Presión de vapor

La presión del vapor de un líquido es literalmente la presión del gas (o del vapor) que recoge sobre el líquido en un envase cerrado a una temperatura dada.

La presión del vapor de agua en un envase cerrado en el equilibrio se llama la presión del vapor. La teoría molecular cinética sugiere que la presión del vapor de un líquido depende de su temperatura. Consecuentemente, la presión del vapor de un líquido también aumenta con la temperatura (Aguilar Villalobos, 2012).

1.10. Extracción por prensa

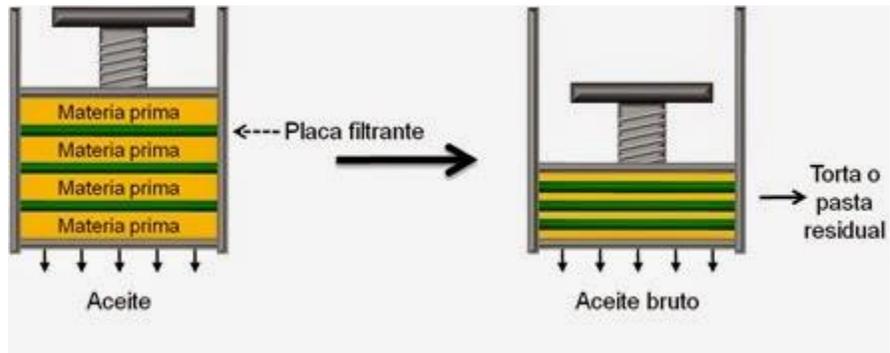
La técnica del prensado se usa para obtener los aceites vegetales de cáscaras, cortezas o materiales duros como las semillas en nuestro caso.

El prensado en frío es un antiguo método que consiste básicamente en presionar o apretar la semilla para obtener el aceite que contiene. No interviene ningún otro factor, solo la fuerza que ejerce la máquina (prensa hidráulica) sobre la semilla o fruto que trabajemos.

Con este método se conservan todas las propiedades consiguiendo un aceite de grandes cualidades, preservando de este modo la proporción de ácidos grasos esenciales, vitamina E, antioxidantes naturales y no necesita ningún aditivo. Aquí se obtiene menos cantidad de aceite. Sin embargo, esto hace que se obtenga un aceite de mucha calidad (Dumont, 2019).

El Prensado es utilizado cuando las oleaginosas contienen alto porcentaje de aceite o para obtener aceites vírgenes, se usa para oleaginosas de 35 % o mayor contenido. Se realiza a través de ejercer presión sobre la materia prima previamente tratada, la obtención del aceite y la torta residual es obtenida sin utilizar sustancias extractivas, ya que solo es utilizada la fuerza mecánica. Se obtienen aceites de alta calidad. El rendimiento dependerá de la presión ejercida. Este método es el más antiguo que se conoce y es el que utiliza la fuerza mecánica y la gravedad para la obtención del aceite ya que el producto es sometido a altas presiones para obtener el aceite (El pequeño Agroindustrial, 2014).

Figura 1-4 Proceso de extracción de Aceite por prensado



Fuente: El Pequeño agroindustrial, 2014

CAPITULO II
PARTE EXPERIMENTAL

II. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Caracterización de la materia prima: Semilla de Moringa

La materia prima necesaria para la obtención del aceite son las semillas de Moringa. Estas se obtienen de los frutos del árbol de Moringa.

Se identifica como nombre científico Moringa (*Oleifera Lam*) recolectada y cosechada tres veces al año.

Existen muchos factores que influyen en la calidad del aceite antes de comenzar el proceso de extracción. Entre ellos están la altura, clima, humedad, naturaleza del suelo, uno de los factores más importantes es el del clima ya que mientras más trópico sea el lugar mejor rendimiento de aceite tendrán las semillas.

La recolección de los frutos se realiza en la provincia Arce del Departamento de Tarija y se observa que existen árboles de Moringa de diferentes características en el tronco y en la forma de distribución de sus ramas y hojas.

Los frutos fueron recolectados de estos árboles al azar, sin elegir uno en específico, ya que la presente investigación estudia el rendimiento de aceite que tienen las semillas de Moringa de Tarija.

2.2. Descripción Física de la Materia Prima

Las semillas son recolectadas de varios árboles de Moringa de la provincia Arce de Tarija, las mismas que se usan como materia prima en las extracciones de aceite, se muestran en la figura.

Figura 2-1 Materia Prima Semilla de Moringa



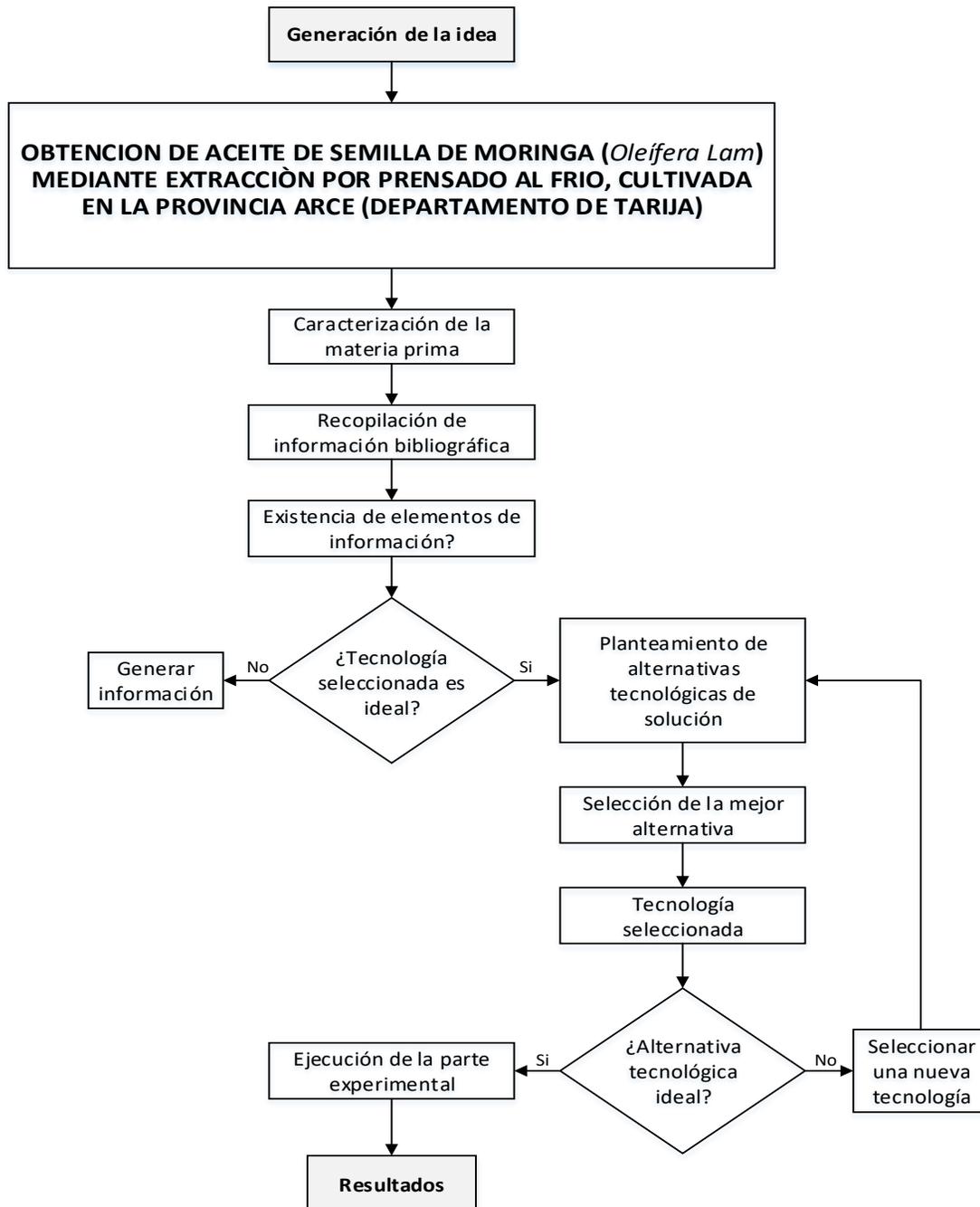
Fuente: Elaboración Propia, 2021

Las características consideradas en la descripción física de las Semillas de Moringa son la forma, textura, color y aroma. Los procedimientos empleados y valores obtenidos, se muestran a continuación:

- ❖ **Forma:** Las semillas de la moringa son carnosas, globulares y de aproximadamente 1cm diámetro, con tres alas y una consistencia papirácea; su endospermo es blanquecino y muy oleaginoso.
- ❖ **Textura:** Al tacto las semillas son rugosas y ásperas.
- ❖ **Color:** Se determinó el color de las Semillas de Moringa que es pardo oscuro.
- ❖ **Aroma:** No hay olor característico de las mismas.

2.3. Descripción de la metodología del estudio de Investigación

Figura 2-2 Esquema de la Metodología de Estudio



Fuente: Elaboración propia, 2021

2.4. Selección del proceso de extracción de aceite a partir de semillas

Para la selección del método experimental de extracción de aceite de Moringa se considera dos métodos (soxhlet y prensado al frío) para la extracción de aceite de

semilla. Asimismo, se asigna una calificación de acuerdo a la escala de Likert. En la tabla II-1 se observan las calificaciones ponderadas que permiten seleccionar el método siendo el método adecuado aquel que acumule el mayor puntaje.

Tabla II-1 Escala de calificación Likert

Escala de puntuación	Puntuación
Excelente	5
Muy buena	4
Buena	3
Regular	2
Mala	1

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla II-2 se muestra la ponderación definida según el peso que se consideró adecuado para cada factor evaluado. El factor se determina de acuerdo con las condiciones en las que el proyecto está siendo desarrollado. Una vez definida, la ponderación es independiente de las tecnologías a evaluar para un caso particular.

Tabla II-2 Valores de Ponderación

Factor evaluado	Comentarios del evaluador	Ponderación del evaluador
Aplicabilidad del proceso	Por las características del proyecto se desea que el proceso seleccionado pueda generar el mayor rendimiento posible de aceite (38% - 40%).	15
Generación de residuos	Uno de los aspectos más importantes a considerar en la selección de un proceso de obtención de aceite es la generación de residuos. Por ello vamos a favorecer aquel proceso que genere una mejor calidad de residuos para su disposición como floculante para purificar agua.	5
Generación de subproductos con valor económico	Uno de los aspectos que más interés fue, que aparte de obtener aceite el residuo generado puede ser utilizado como floculante para purificar el agua.	20

Costos	<p>Inversión. -Es importante considerar aquella tecnología que sea eficaz y eficiente en la obtención de aceite, es decir que haga lo que tenga que hacer al menor costo posible para obtener un ahorro de recursos que podrían ser destinados a otras acciones.</p> <p>Operación y Mantenimiento. - Este es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta para seleccionar adecuadamente una tecnología, se desea un sistema con bajos costos de operación y mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requerimiento de reactivos. Esto puede representar una erogación fuerte al considerar que algunos reactivos son importados, generalmente son caros. Los reactivos más usados pueden ser agua acidificada, etanol, metanol, isopropanol, hexano, ciclo hexano, tolueno, xileno, ligroína, éter etílico, éter isopropílico, acetato de etilo, acetona y cloroformo. Por tal motivo, se ha considerado dar una relativa importancia a este rubro y se favorecerán aquellos procesos cuyo requerimiento de reactivos no sea necesario. • Requerimiento energético. Este aspecto se considera de gran importancia porque incide directamente en el costo fijo de operación del sistema. Cualquier ahorro en este sentido viabilizará la operación del proceso. 	35
Operación	<p>Se desea que la operación sea simple, flexible y confiable, además de que una persona con poca capacitación pueda hacer la función de operador. Se deben encontrar centros de repuestos y servicios por cualquier descompostura del equipo que pudiera ocurrir. Debido a que todos estos factores condicionan la buena operación del proceso.</p>	20
Entorno e impacto ambiental	<p>Evitar aspectos de generación de ruido, malos olores, así como minimizar los eventuales impactos ambientales negativos, estudiar además la influencia de la temperatura en el proceso a elegir</p>	5

suma total	100
------------	-----

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla II-3 Selección del Método experimental de extracción de Aceite de Moringa

Factor evaluado	Comentarios del evaluador	Calificación	
		Soxhlet	Prensado al frio
Aplicabilidad del proceso	La extracción por prensado es utilizada en pequeñas empresas especializadas. La extracción Soxhlet presenta buena eficacia, utilizada en pequeñas escalas.	5	1
Generación de residuos	Ambos procesos generan la misma cantidad de residuo con la diferencia que el proceso por prensado genera un residuo más limpio que el proceso por soxhlet.	3	5
Generación de subproductos con valor económico	El residuo de ambos procesos de obtención de aceite podría ser utilizados como floculante para purificar agua. Se considera que el residuo del proceso por prensado al frio es de mejor calidad que el del proceso soxhlet ya que este no utiliza reactivos químicos.	3	5
Costo de inversión inicial	Los equipos para el método de extracción por prensado son relativamente económicos (Especialmente la prensa hidráulica). El equipo soxhlet tiene un mayor costo debido a que para su funcionamiento aparte de utilizar materiales de laboratorio costosos utiliza solventes altamente caros para su funcionamiento.	3	5
Costo de operación y mantenimiento	Las propuestas muestran que el costo de operación y mantenimiento del método soxhlet es mayor al costo del método por prensado al frio.	3	5

Flexibilidad de operación	El método de prensado al frío es más flexible que el método soxhlet debido a que se acomoda mejor a las diversas circunstancias para la obtención de aceite.	1	3
Confiabilidad del proceso	Se considera que el método por prensado al frío proporciona una mejor calidad de aceite virgen, el método soxhlet como utiliza reactivos químicos no tiene mucha confiabilidad por las desventajas que presentan estos.	3	5
Complejidad de operación del proceso	El método soxhlet es más complejo de operar que el método por prensado al frío.	1	3
Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	El método soxhlet posee mayor equipamiento que el método de prensado al frío, por lo que la atención en cuanto a este aspecto es más difícil para el método soxhlet.	3	5
Influencia de la temperatura	No hay problema con este rubro pues las variaciones de temperatura en ambos procesos permanecen en un intervalo adecuado para el funcionamiento de estos.	5	5
Producción de ruido	El equipo de prensado al frío genera más ruido que el equipo soxhlet debido a la presión generada para prensar la materia prima.	5	1
Producción de malos olores	El uso de reactivos químicos en el método soxhlet genera malos olores en el proceso, por el contrario el proceso por prensado al frío no genera olores desagradables.	1	3

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla II-4 Matriz de decisión para el método experimental de extracción de aceite de Moringa

Selección del método experimental de extracción de aceite de Moringa					
Factor evaluado	Valoración porcentual	Extracción por prensa		Extracción Soxhlet	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Aplicabilidad del proceso	15	1	3	5	15
Generación de residuos	5	5	5	3	3
Generación de subproductos con valor económico	20	5	20	3	12
Costo de inversión inicial	35	5	35	3	21
Costo de operación y mantenimiento		5		3	
Flexibilidad de operación	20	3	16	1	8
Confiabilidad del proceso		5		3	
Complejidad de operación del proceso		3		1	
Disponibilidad de repuestos y centros de servicio		5		3	
Influencia de la temperatura	5	5	3	5	3.7
Producción de ruido		1		5	
Producción de malos olores		3		1	
Total	100		<u>82</u>		62,7

Fuente: Elaboración propia, 2021

Como es posible observar en la tabla II-4, la opción basada en prensado es más atractiva que la de soxhlet y por ende será el método que usaremos para nuestro proyecto.

2.5. Diseño Factorial

Experimentar significa variar deliberadamente las condiciones habituales de trabajo para encontrar mejores maneras de proceder, y ganar al mismo tiempo un conocimiento más profundo sobre el comportamiento de productos y/o procesos. El problema básico del diseño de experimentos reside en decidir qué conjunto de pruebas pondrán de manifiesto, de forma más clara y con menor esfuerzo, los diversos aspectos de interés del problema.

2.5.1 Selección de Variables del Proceso Factorial

La etapa principal del proceso de obtención de Aceite Semillas de Moringa mediante extracción por prensado al frío, es la extracción, en la cual se puede controlar variables que influyen en este proceso, tales como: la granulometría de materia prima y la presión de extracción.

❖ Factor Granulométrico

Este factor se refiere al uso de diferentes tamaños de partículas de materia prima, desde semillas enteras hasta semillas trituradas finamente, para evaluar como varía el rendimiento del aceite obtenido con cada uno de ellos.

❖ Factor Presión

Este factor se refiere al uso de diferentes presiones de extracción, para evaluar como varía el rendimiento del aceite obtenido con cada presión de extracción usada en el proceso.

2.5.2 Diseño Factorial 3^k

El diseño factorial 3^k es un arreglo de k factores que tiene tres niveles cada uno. Se usa letras mayúsculas para denotar los factores y las interacciones de estos factores. Se hace referencia a los tres niveles de los factores como bajo, intermedio y alto.

Hay varias notaciones diferentes que se usan para representar estos niveles de los factores: una posibilidad es representar los niveles de los factores con los dígitos 0 (bajo), 1 (intermedio) y 2 (alto). Cada combinación de tratamientos del diseño 3^k se denota por k dígitos, donde el primer dígito indica el nivel del factor A, el segundo dígito indica el nivel del factor B, ..., y el dígito k-ésimo indica el nivel del factor K.

En el sistema de diseños 3^k , cuando los factores son cuantitativos, es común denotar los niveles bajo, intermedio y alto con -1, 0 y +1, respectivamente. Con esto se facilita el ajuste de un modelo de regresión que relaciona la respuesta con los niveles de los factores. Por ejemplo, considere el diseño 3^k donde x_1 represente el factor A y que x_2 represente el factor B. Un modelo de regresión que relaciona y con x_1 y x_2 que se basa en este diseño es:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + \varepsilon$$

La adición de un tercer nivel de los factores permite que la relación entre la respuesta y los factores del diseño se modele como un modelo cuadrático.

El diseño más simple del sistema 3^k es el diseño 3^2 , el cual tiene dos factores, cada uno con tres niveles.

La Tabla II-5 muestra los niveles de variación de las variables del proceso de extracción de aceite de Semilla de Moringa, también llamadas factores.

Tabla II-5 Codificación de las Variables

Variables	Nivel		
	Bajo	Medio	Alto
Presión (psi)	-1	0	+1
Granulometría (mm)	-1	0	+1

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla II-6 Valores Asignados para los Tres Niveles de cada Factor

Variables	Nivel		
	Bajo	Medio	Alto
Presión (psi)	2000	4000	6000
Granulometría (mm)	2	4	5

Fuente: Elaboración propia, 2021

El número de experimentos a realizar son:

$$3^k$$

Dónde:

3: Número de niveles

k: Número de factores

El número de experiencias es: $3^2=9$

Como se realizarán dos repeticiones entonces:

N° de Experimentos $9 * 2 = 18$

En la siguiente tabla se presentan todas las posibles combinaciones que se pueden dar entre las variables que se someten a prueba.

Tabla II-7 Diseño Factorial para el Proceso de Extracción

N° de Exp.	Factores		Respuesta 1	Respuesta 2
	Presión (psi)	Granulometría (mm)	Rendimiento del Aceite Obtenido (%)	Rendimiento del Aceite Obtenido (%)
1	-1	1	R1	R1
2	-1	0	R2	R2
3	-1	-1	R3	R3
4	0	1	R4	R4
5	0	0	R5	R5
6	0	-1	R6	R6
7	1	1	R7	R7
8	1	0	R8	R8
9	1	-1	R9	R9

Fuente: Elaboración propia, 2021

2.6. Procedimientos y técnicas empleadas para la obtención de resultados

2.6.1 Equipos y Materiales utilizados en la obtención de Aceite de Moringa

La parte experimental de la presente investigación, se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias “LOU”, dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

2.6.1.1. Descripción de los equipos utilizados

- ❖ **Prensa Hidráulica:** Es un equipo de funcionamiento manual que consta de: embolo, pistón, manómetro, tiene las siguientes características:

Capacidad: 1 Kg

Presión: 1000-6000 psi

Figura 2-3 Prensa Hidráulica



Fuente: Elaboración propia, 2021

- ❖ **Bomba de Vacío:** Es un equipo mecánico de marca Teslar diseñado para extraer gases o líquidos del interior de recipientes, tiene la siguiente característica:

Voltaje: 230 V

Frecuencia: 50 – 60 Hz

Potencia: 0.23 kW

Figura 2-4 Bomba de Vacío



Fuente: Elaboración propia, 2021

- ❖ **Molino de Discos:** Es un Molino Eléctrico-H-4198 de motor de corriente alterna de fase dividida que se utilizó para la trituración de la materia prima, tiene las siguientes especificaciones:

Potencia: 1/3 HP

Corriente: 6,3 Amp

Velocidad: 89 rpm

Figura 2-5 Molino de Discos



Fuente: Elaboración propia, 2021

- ❖ **Tamiz Vibratorio:** Es una máquina que vibra alrededor de su centro de gravedad, está compuesta por bandejas metálicas con un malla especificar tipo de mallas en

el fondo de la marca ORTO ALRESA, se usó para separar y clasificar los distintos tamaños de la semillas de Moringa, tiene las siguientes especificaciones:

Potencia: 80 W

Frecuencia: 50 Hz

Voltaje: 230 V

Velocidad: 2500 rpm

Figura 2-6 Tamiz Vibratorio



Fuente: Elaboración propia, 2021

- ❖ **Balanza Electrónica:** Consiste en un equipo compuesto de una pantalla digital, de la marca GIBERTINI, se utilizó para pesar las muestras de semillas de Moringa, tiene las siguientes especificaciones:

Capacidad: 510 g

Exactitud: 0.01 g

Potencia: 60 W

Voltaje: 120 V

Frecuencia: 50 Hz

Figura 2-7 Balanza Eléctrica

Fuente: Elaboración propia, 2021

2.7. Material de laboratorio utilizado

Tabla II-8 Materia de Laboratorio utilizado

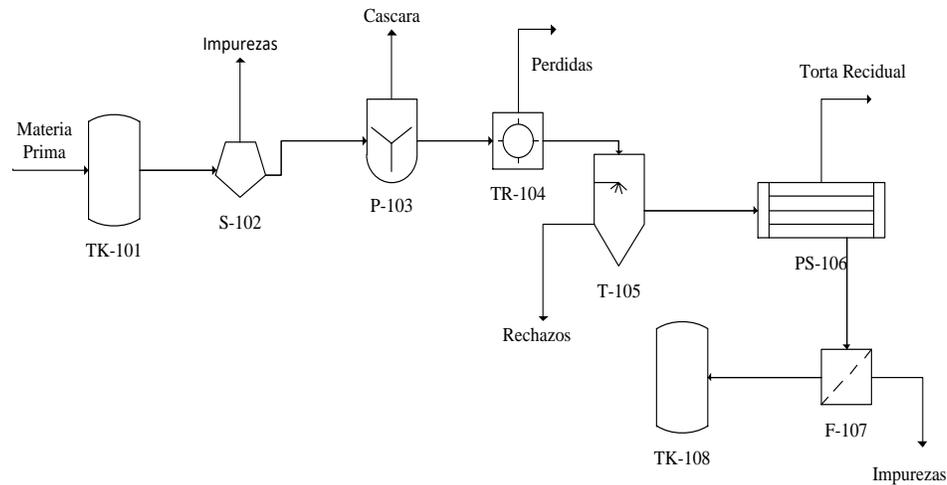
Material	Tipo	Capacidad/Tamaño	Cantidad
Vasos de precipitado	Vidrio borosilicato	250 ml.	1
Probetas	Vidrio borosilicato	100 ml	1
Embudo Büchner	Porcelana	Mediano	1
Espátula	Metal	Mediana	1
Matraz Kitasato	Vidrio borosilicato	1000 ml	1
Papel filtro	-----	Pequeño	18
Jarra	Plástico	1 000 ml	1
Frasco ámbar	Plástico	50 ml	18

Fuente: Elaboración propia, 2021

2.8. Descripción del proceso experimental seleccionado

El proceso que se utilizó para la extracción experimental de aceite de semilla de Moringa fue el método de prensado al frío se muestra en las siguientes figuras:

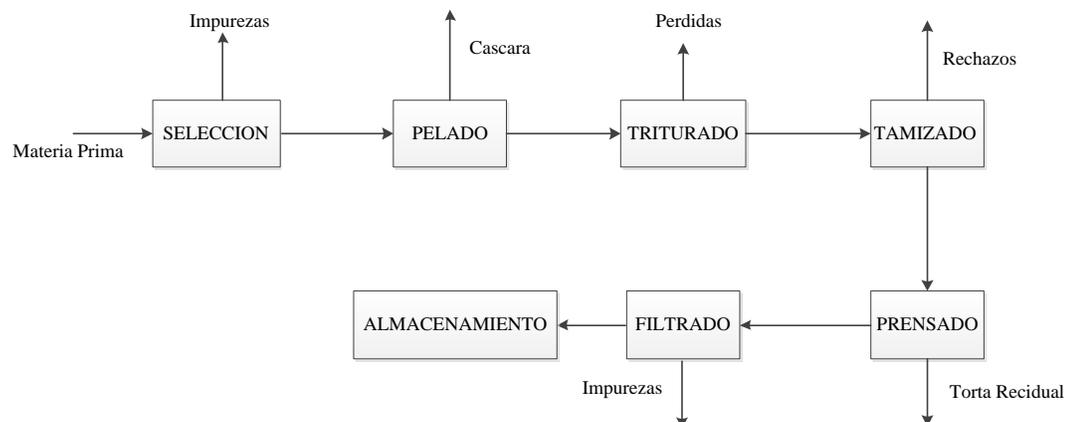
Figura 2-8 Diagrama de flujo de proceso para la extracción de aceite de semilla de Moringa (*Oleífera Lam*)



TK-101-108	S-102	P-103	TR-104	T-105	PS-106	F-107
Tanque de Almacenamiento	Seleccionador	Pelador	Molino de Discos	Tamiz Vibratorio	Prensa	Filtro

Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 2-9 Diagrama de Bloques del Proceso de Obtención de Aceite de Semillas de Moringa



Fuente: Elaboración propia, 2021

2.9. Descripción y análisis de la materia prima

La materia prima que se utilizó en el presente proyecto de investigación, es la Semilla de Moringa (*Oleiera Lam*) procedente de la provincia Arce del departamento de Tarija.

La caracterización fisicoquímica de la materia prima se determinó mediante el análisis que se realizó en el laboratorio del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) en el departamento de Tarija.

El parámetro que se determinó de las Semillas de Moringa, proveniente del municipio de Bermejo, fue el siguiente:

❖ Determinación porcentual de humedad 5.57%

2.9.1 Cálculo del porcentaje de cascara en la Semilla de Moringa

Se determinó el porcentaje de cascara en las Semillas de Moringa, para el cálculo del porcentaje se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{Cascara} = \frac{m_c}{m_t} \times 100$$

Dónde:

m_c = masa de cascara = 31.22g

m_t = masa de semilla sin pelar = 100g

$$\% \text{Cascara} = \frac{31.22}{100} \times 100 = 31.22\%$$

2.9.2 Recepción de la materia prima

La recepción de la materia prima se obtuvo directamente de los productores de Moringa del departamento de Tarija.

La procedencia de la materia prima es del municipio de Bermejo perteneciente al departamento de Tarija.

2.9.3 Selección

Se separa de forma natural las impurezas para facilitar la selección de la materia prima.

Figura 2-10 Selección de la materia prima



Fuente: Elaboración propia, 2021

2.9.4 Pelado

Se realizó el pelado de la semilla para la separación de la cascara con el endospermo suave como se muestra en la siguiente fotografía:

Figura 2-11 Semilla de Moringa pelada



Fuente: Elaboración propia, 2021

2.9.5 Triturado

Una vez concluido el pelado de las semillas, se procede al triturado para reducir el tamaño de las mismas con el objetivo de aumentar el área de contacto y tener un material más compacto.

Figura 2-12 Semillas trituradas



Fuente: Elaboración propia, 2021

2.9.6 Tamizado

Posteriormente se carga la semilla triturada al tamiz vibratorio al cual le programamos una duración de 20 min de trabajo para separar los diferentes tamaños de Semilla de Moringa (5mm, 4mm, 2mm).

Figura 2-13 Semillas de Moringa de 5-4-2 mm de diámetro



Fuente: Elaboración propia, 2021

2.9.7 Pesado

Una vez separadas los distintos tamaños de semilla se procede al pesado de uno de ellos el cual no debe exceder de los 400g como se ve en la siguiente imagen.

Figura 2-14 Pesado de las Semillas



Fuente: Elaboración propia, 2021

2.9.8 Prensado

Se carga la semilla pesada a la prensa y se procede a ejercer presión para la extracción del aceite.

Figura 2-15 Prensado de la materia prima



Fuente: Elaboración propia, 2021

2.9.9 Filtrado

Una vez finalizado la etapa de prensado, se filtró el aceite obtenido para separar el material sólido del aceite con la ayuda de papel de filtro, se realiza esta etapa, utilizando un Kitasato con un embudo Büchner conectado a una bomba de vacío.

Figura 2-16 Filtrado del Aceite



Fuente: Elaboración propia, 2021

2.9.10 Almacenamiento

El producto obtenido, aceite de Semilla de Moringa, se caracteriza por ser poco volátil, sensible a la luz, al aire y al calor. Por tanto, se utiliza un frasco de plástico ámbar. Finalmente, se almacena el producto en un lugar fresco y oscuro.

Figura 2-17 Almacenamiento del Aceite



Fuente: Elaboración propia, 2021

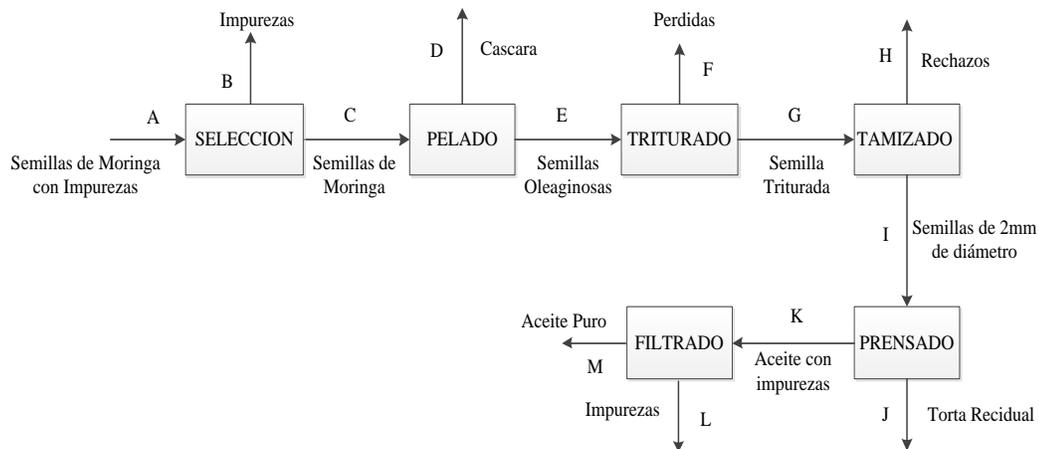
CAPITULO III
RESULTADOS Y DISCUSION

III. Resultados y Discusión

3.1. Balance de Materia del Proceso Tecnológico Experimental de Obtención de aceite de Semillas de Moringa

Con el objetivo de brindar mayor información de cada etapa del proceso y su relación con las demás, en el siguiente diagrama se detalla el proceso tecnológico experimental de obtención de aceite de Semillas de Moringa.

Figura 3-1 Diagrama de Bloques del Proceso Tecnológico Experimental



Fuente: Elaboración propia, 2021

La descripción de las corrientes principales y de servicio del diagrama de bloques se observan en la Tabla:

Tabla III-1 Especificaciones de las corrientes másicas del balance de materia

Corrientes (gramos)	Especificaciones
A	Masa de Semillas de Moringa con impurezas
B	Masa de Impurezas de la Semilla de Moringa
C	Masa de Semillas de Moringa
D	Masa de Cascara
E	Masa de Semillas Oleaginosas
F	Masa de Perdidas en el Triturado
G	Masa de Semilla Triturada
H	Masa de Rechazos
I	Masa de Semilla de 2mm de Diámetro

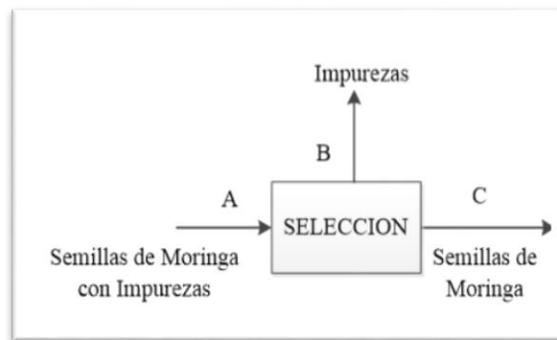
J	Masa de Torta Residual
K	Masa de Aceite con Impurezas
L	Masa de Impurezas del Aceite
M	Masa de Aceite Puro

Fuente: Elaboración propia, 2021

❖ Etapa 1-Selección

Para la selección de la materia prima se pesó 1000g de Semillas de Moringa, se realizó este proceso para eliminar las impurezas que puede contener la materia prima, se tomó como dato el porcentaje de impurezas que tiene dicho peso el cual es de 2.23%. Entonces:

Figura 2-2 Etapa de Selección



Fuente: Elaboración propia, 2021

Los valores de las corrientes másicas son las siguientes:

$$A=800\text{g}$$

$$B=800\text{g}\cdot 0.0223=17.84\text{g}$$

$$A = B + C \quad \text{Ec. (2-1)}$$

$$C = A - B$$

$$C = 1000\text{g} - 17.84\text{g}$$

$$C = 782.16\text{g}$$

❖ Etapa 2-Pelado

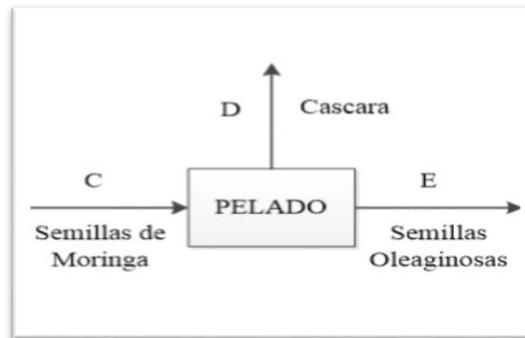
Con la masa de Semillas de Moringa “C” que ingresan a la etapa de pelado y el porcentaje de cascara por cada 100g de Semilla 32.22%, se determina la masa de semillas oleaginosas que ingresan al molino de discos.

Dónde:

$$C=782.16g$$

$$D=782.16g*0.3122=244.19g$$

Figura 3-3 Etapa de Pelado



Fuente: Elaboración propia, 2021

$$C = D + E \quad \text{Ec. (2-2)}$$

$$E = 782.16g - 244.19g$$

$$E = 537.97g$$

❖ Etapa 3-Triturado

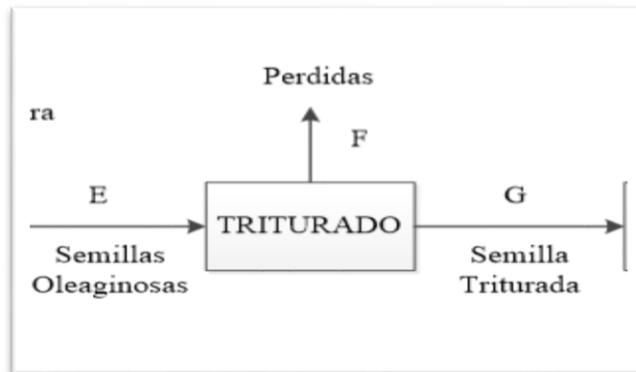
Posteriormente conociendo la masa que ingresa al molino de discos “E” y además del porcentaje perdido del 0.532%, se calcula la masa de las semillas trituradas que van a ingresar al tamizado.

Donde:

$$E=537.97g$$

$$F=537.97g*0.00532=2.86g$$

Figura 3-4 Etapa de Triturado



Fuente: Elaboración propia, 2021

$$E = G + F \quad \text{Ec. (2-3)}$$

$$G = E - F$$

$$G = 537.97\text{g} - 2.86\text{g}$$

$$G = 535.11\text{g}$$

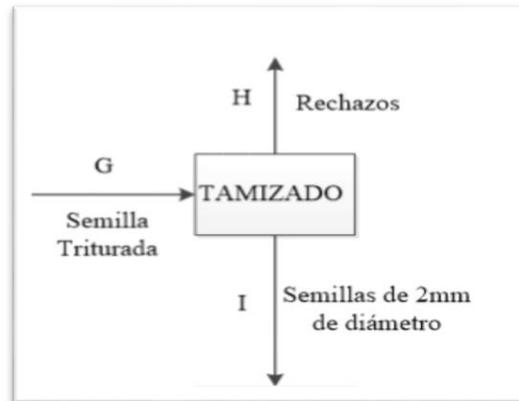
❖ **Etapa 4-Tamizado**

Una vez concluida la etapa de triturado se procede al cálculo de la masa de las Semillas de 2 mm de diámetro que ingresa a la prensa, conociendo la masa de rechazo del tamiz igual a 134.51g.

Dónde:

$$G=535.11\text{g}$$

$$H=134.51\text{g}$$

Figura 3-5 Etapa de Tamizado

Fuente: Elaboración propia, 2021

$$G = I + H \quad \text{Ec. (2-4)}$$

$$I = G - H$$

$$I = 535.11\text{g} - 134.51$$

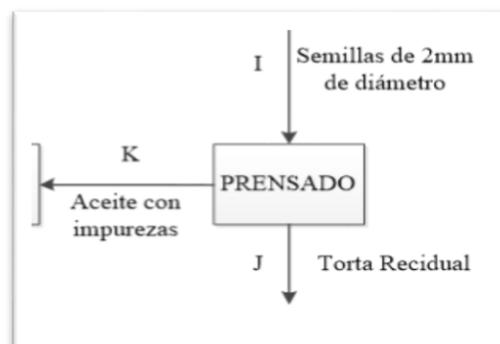
$$I = 400.60\text{g}$$

❖ Etapa 5-Prensado

Para calcular la masa de aceite con impurezas que sale de la prensa es necesario conocer las corrientes másicas: Semillas de 2mm de diámetro “I” y Torta residual “J”. Las cuales se muestran a continuación:

$$I=400.60\text{g}$$

$$J=346.21\text{g}$$

Figura 3-6 Etapa de Prensado

Fuente: Elaboración propia, 2021

$$I = K + J \quad \text{Ec. (2-5)}$$

$$K = I - J$$

$$K = 400.60g - 346.21g$$

$$K = 54.39g$$

❖ Etapa 6-Filtrado

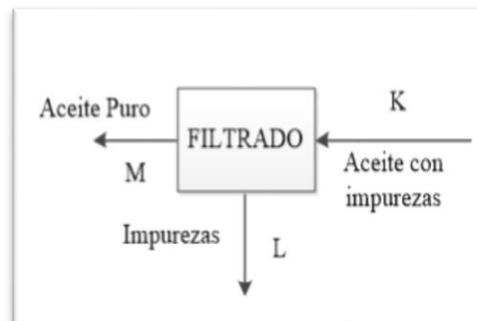
Una vez finalizada la etapa de prensado y conociendo la masa del aceite con impurezas “K” y el porcentaje de impurezas del mismo 12.21%, se procede al cálculo del aceite de Semillas de Moringa obtenido.

Dónde:

$$K=54.39g$$

$$L=54.39g*0.1221=6.64g$$

Figura 3-7 Etapa de Filtrado



Fuente: Elaboración propia, 2021

$$K = L + M \quad \text{Ec. (2-6)}$$

$$M = K - L$$

$$M = 54.39g - 6.64g$$

$$M = 47.75g$$

Calculo del Rendimiento del Proceso de Prensado

$$\%R = \frac{I}{M} * 100 \quad \text{Ec. (2-7)}$$

Dónde:

I=masa de semillas que ingresa a la prensa=400.60g

M=masa de aceite puro =47.75g

$$\%R = \frac{47.75}{400.60} * 100$$

$$\%R = 11.92\%$$

Cálculo del Rendimiento Global del Proceso

$$\%R = \frac{M}{A} * 100 \quad \text{Ec. (2-8)}$$

Dónde:

A=semilla de Moringa con impurezas

M=aceite puro

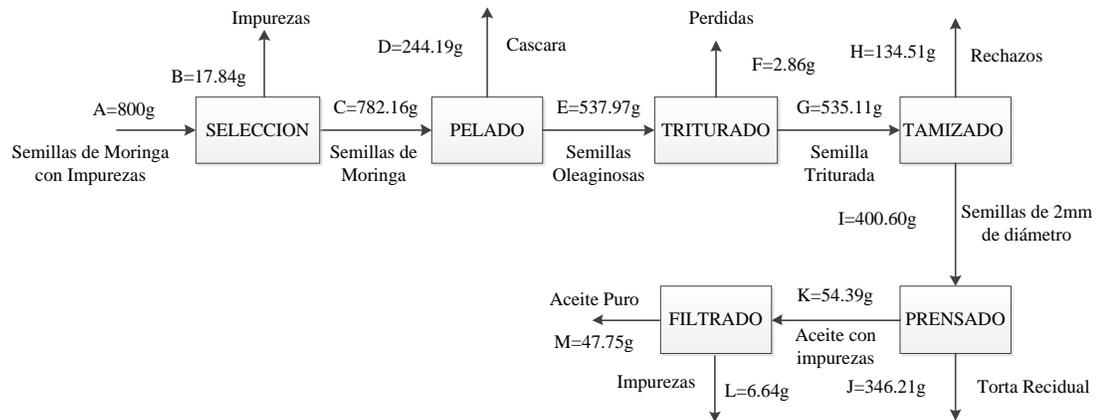
$$\%R = \frac{47.75}{800} * 100$$

$$\%R = 5.97$$

3.1.1 Resumen del Balance de Materia del Proceso

A continuación en la figura 2 se muestra el resumen del balance de materia realizado con los resultados obtenidos:

Figura 3-8 Resumen del Balance de Materia de la Obtención de Aceite de Semillas de Moringa



Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla III-2 Resumen del Balance de Materia

Etapa	Corriente	Masa (g)
Selección	A	800
	B	17.84
Pelado	C	782.16
	D	244.19
Triturado	E	537.97
	F	2.86
Tamizado	G	535.11
	H	134.51
Prensado	I	400.60
	J	346.21
Filtrado	K	54.39
	L	6.64
	M	47.75

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.2. Balance de Energía del Proceso Tecnológico Experimental de Obtención de Aceite de Semillas de Moringa

❖ Etapa de Triturado

Para el cálculo la energía consumida en la etapa de triturado utilizamos la siguiente ecuación:

$$E = P * t \quad \text{Ec. (2-9)}$$

Dónde:

E=Energía consumida (Kw-h)

P=Potencia (Kw)

t=tiempo (h)

El tiempo de triturado de la materia prima fue alrededor de 30 min (0.5h) y la potencia del equipo es de 1/3Hp (0.248Kw), con estos datos se procede al cálculo de la energía consumida por el equipo.

$$E = 0.248Kw * 0.5h$$

$$E = 0.124Kw - h$$

La energía consumida en la esta etapa en KJ es de:

$$E = 0.124Kwh * 3600 \frac{KJ}{Kw - h}$$

$$E = 446.4KJ$$

❖ Etapa de Tamizado

El tamizado a la materia prima ya triturada tuvo duración de 20 min (0.333h) y trabajo con una potencia de 80W (0.08Kw).

La energía requerida por este equipo es:

$$E = P * t$$

$$E = 0.08Kw * 0.333h$$

$$E = 0.027Kw - h$$

La energía consumida en la etapa de tamizado en KJ es de:

$$E = 0.027Kwh * 3600 \frac{KJ}{Kw - h}$$

$$E = 97.2KJ$$

❖ Etapa de Filtrado

Finalmente, en esta etapa se separó el aceite de las impurezas con las que salió del prensado, se realizó usando una bomba de vacío conectada a un kitasato con un embudo Büchner por un lapso de 45min (0.75h) con una potencia de 0.23Kw.

La energía gastada en la etapa de filtración es de:

$$E = P * t$$

$$E = 0.23Kw * 0.75h$$

$$E = 0.172Kw - h$$

La energía consumida en la etapa de filtración en KJ es de:

$$E = 0.172Kwh * 3600 \frac{KJ}{Kw - h}$$

$$E = 619.2KJ$$

Los valores de consumo energético por cada etapa son los siguientes:

Tabla III-3 Valores del Consumo Energético del Balance de Energía

Etapa	Equipo Utilizado	Consumo Energético por equipo (Kw-h)	Energía Consumida (KJ)
Triturado	Molino de Discos	0.124	446.4
Tamizado	Tamiz Vibratorio	0.027	97.2
Filtrado	Bomba de Vacío	0.172	619.2
Total		0.323	1180.8

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.3. Análisis Estadístico del Diseño Experimental

Los resultados del análisis estadístico, derivan del diseño experimental presentado anteriormente. Para la obtención de estos resultados, se utilizó el programa SPSS 25.0

(Statistical Package for the Social Sciences) para Windows, mismo que permite un tratamiento integrado de todas las fases que involucra el análisis de datos, generando resultados más representativos y confiables.

La variable respuesta de los datos experimentales, se puede expresar a través del rendimiento de aceite obtenido. Para objeto de análisis estadístico, se tomó como variable respuesta el rendimiento de Aceite de Semillas de Moringa, debido a que es el parámetro que indica clara y directamente, el rendimiento del proceso y la cantidad de producto obtenido.

Tabla III-4 Datos Experimentales del Proceso de Extracción de Aceite de Semilla de Moringa

N° de Exp.	Factores		Respuesta 1	Respuesta 2
	Presión (psi)	Granulometría (mm)	Rendimiento del Aceite Obtenido (%)	Rendimiento del Aceite Obtenido (%)
1	2000	5	5.06	4.86
2	2000	4	5.29	5.66
3	2000	2	6.39	6.98
4	4000	5	8.11	7.99
5	4000	4	8.21	8.41
6	4000	2	8.68	8.91
7	6000	5	8.98	8.10
8	6000	4	9.09	9.05
9	6000	2	11.92	10.85

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la tabla III-4, se presentan los resultados obtenidos experimentalmente durante el proceso de extracción de Aceite de Semilla de Moringa. Donde el rendimiento se obtuvo de acuerdo al siguiente cálculo (Ej. para el experimento 9):

m_p = masa de semillas que ingresa a la prensa = 400.60g

m_a = masa de aceite puro = 47.75g

$$\%R = \frac{m_a}{m_p} * 100$$

$$\%R = \frac{47.75}{400.60} * 100$$

$$\%R = 11.92\%$$

El Aceite de Semillas de Moringa se obtuvo en el proceso de extracción, empleando tres diferentes factores de granulometría denotados por +1, como el mayor valor, 0 valor intermedio y -1 el menor valor; combinando los mismos con las distintas presiones de extracción. El mayor porcentaje de aceite se obtuvo trabajando con el menor factor de granulometría y con la mayor presión de extracción, siendo este rendimiento de 11.92 %.

3.3.1 Cálculo del análisis de Varianza

Con el análisis de varianza ANOVA se determina la influencia de los factores presión y granulometría y sus interacciones sobre la variable respuesta rendimiento. Los datos introducidos al programa SPSS de acuerdo al diseño experimental planteado se muestran en la siguiente tabla:

Tabla III-5 Datos para el Análisis de Varianza

Nº de Exp.	Factores		Respuesta
	Presión	Granulometría	Rendimiento del Aceite Obtenido (%)
1	-1	1	5.06
2	-1	0	5.29
3	-1	-1	6.39
4	0	1	8.11
5	0	0	8.21
6	0	-1	8.68
7	1	1	8.98
8	1	0	9.09
9	1	-1	11.92
10	-1	1	4.86
11	-1	0	5.66
12	-1	-1	6.98
13	0	1	7.99
14	0	0	8.41

15	0	-1	8.91
16	1	1	8.10
17	1	0	9.05
18	1	-1	10.85

Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, en la Tabla III-6 se muestran las variables del diseño experimental y el número de experiencias para cada variable registradas por el programa y realizadas en la parte experimental para un diseño 3^2 con dos repeticiones y un total de 18 experiencias.

Tabla III-6 Factores Inter-Sujetos

N		
Presión	-1.00	6
	0.00	6
	1.00	6
Granulometría	-1.00	6
	0.00	6
	1.00	6

Fuente: SPSS 25.0

En la siguiente tabla se detalla el análisis de varianza aplicado, para probar la significancia estadística de cada factor sobre el rendimiento.

Tabla III-7 Pruebas de los Efectos Inter-Sujetos

Variable dependiente: Rendimiento					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	61.825 ^a	8	7.728	54.483	0.000
Intersección	1.128.758	1	1.128.758	7.957.720	0.000
Presión	48.961	2	24.480	172.585	0.000
Granulometría	10.229	2	5.115	36.059	0.000

Presión * Granulometría	2.635	4	.659	4.645	0.026
Error	1.277	9	.142		
Total	1.191.860	18			
Total, corregido	63.102	17			
a. R al cuadrado = .980 (R al cuadrado ajustada = .962)					

Fuente: SPSS 25.0

En el análisis de varianza, un nivel de significancia menor a 0.05 expresa que la variable o factor influye en la respuesta. En la tabla III-7 los factores P y G y su interacción P*G tienen valores menores al 5% o 0.05, por lo tanto, son significativos en el proceso de extracción con una confianza del 95 %.

Para encontrar el modelo matemático que mejor represente la experiencia realizada en esta investigación se toman en cuenta los factores e interacciones que sí influyen según resultados del análisis de varianza, y se introducen al programa SPSS.

Tabla III-8 Variables Introducidas/Eliminadas

Modelo	Variables entradas	Variables eliminadas	Método
1	PxG, Granulometría, Presión ^b	.	Introducir
a. Variable dependiente: Rendimiento del Prensado			
b. Todas las variables solicitadas introducidas.			

Fuente: SPSS 25.0

Tabla III-9 Ajustes de Datos para el Modelo Lineal General

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0.950 ^a	0.903	0.882	0.66224
a. Predictores: (Constante), PxG, Granulometría, Presión				

Fuente: SPSS 25.0

Tabla III-10 ANOVA (a)

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	56.851	3	18.950	43.210	0.000 ^b
	Residuo	6.140	14	0.439		
	Total	62.991	17			
a. Variable dependiente: Rendimiento del Prensado						
b. Predictores: (Constante), PxG, Granulometría, Presión						

Fuente: SPSS 25.0

Tabla III-11 Coeficientes (a)

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	7.916	0.156		50.174	0.000
	Presión	1.975	0.191	0.862	10.331	0.000
	Granulometría	-0.886	0.191	-0.387	-4.634	0.000
	PxG	-0.280	0.234	-0.100	-1.196	0.252
a. Variable dependiente: Rendimiento del Prensado						

Fuente: SPSS 25.0

En la tabla III-11 se determinó que el modelo matemático ajustado para el proceso de obtención, que correlaciona el rendimiento de aceite obtenido con las variables, presión y granulometría, para el caso estudiado es el siguiente:

$$\text{Rendimiento} = 7.916 + 1.975\text{Presion} - 0.886\text{Granulometria} - 0.280\text{PG}$$

Por lo cual, el rendimiento está en función a la presión de extracción y la granulometría. Por tanto, mientras mayor sea la presión de extracción y menos compactada este la materia prima, se incrementa el rendimiento de aceite obtenido.

En la siguiente tabla III-12, se realiza la comparación de los resultados del rendimiento obtenido de manera experimental respecto del rendimiento obtenido mediante el modelo matemático, mismos que son llevados al grafico III-1, donde se puede observar de mejor manera la similitud entre ambos.

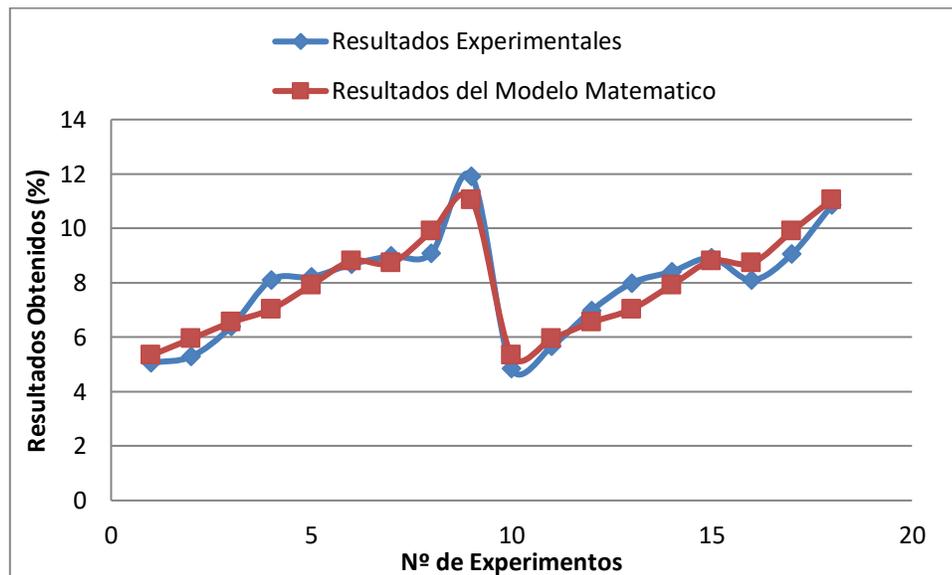
Tabla III-12 Resultados del Porcentaje Experimental y el Obtenido con el Modelo Matemático

Presión	Granulometría	Rendimiento Experimental	Rendimiento Modelo Matemático
-1	1	5.06	5.335
-1	0	5.29	5.941
-1	-1	6.39	6.547
0	1	8.11	7.03
0	0	8.21	7.916
0	-1	8.68	8.802
1	1	8.98	8.725
1	0	9.09	9.891
1	-1	11.92	11.057
-1	1	4.86	5.335
-1	0	5.66	5.941
-1	-1	6.98	6.547
0	1	7.99	7.030
0	0	8.41	7.916
0	-1	8.91	8.802
1	1	8.1	8.725
1	0	9.05	9.891

1	-1	10.85	11.057
---	----	-------	--------

Fuente: Elaboración propia, 2021

Grafico III-1 Curva de Comparación de Resultados Obtenidos Experimentalmente y en el Modelo Matemático



Fuente: Elaboración propia, 2021

Del análisis estadístico se puede concluir lo siguiente:

- ❖ El modelo elegido es correcto, por lo que la variable dependiente y las variables independientes son significativas para un nivel de confianza del 95 %.
- ❖ El factor que más influye en el proceso de obtención de aceite, es el presión, seguido por el factor granulometría. Debido a que, mientras mayor sea la presión de extracción y menos compactada este la materia prima, mejor es el rendimiento.

3.4. Análisis del producto obtenido

Los parámetros fisicoquímicos del producto final se realizaron en el laboratorio del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) en el departamento de Tarija.

Los análisis realizados al aceite de Semilla de Moringa procedente de municipio de Bermejo fueron los siguientes:

- ❖ Acidez (como ácido oleico)
- ❖ Densidad relativa (20/20°C)
- ❖ Índice de refracción (20°C)
- ❖ pH (20°)
- ❖ Rancidez

Tabla III-13 Resultados los Análisis del producto Obtenido

Parámetro	Unidad	Resultado
Acidez (como ácido oleico)	%	0.88
Densidad relativa (20/20°C)		0.9143
Índice de refracción (20°C)		1.4659
pH (20°C)		6.86
Rancidez	pos/neg	Negativo

Fuente: CEANID, 2021

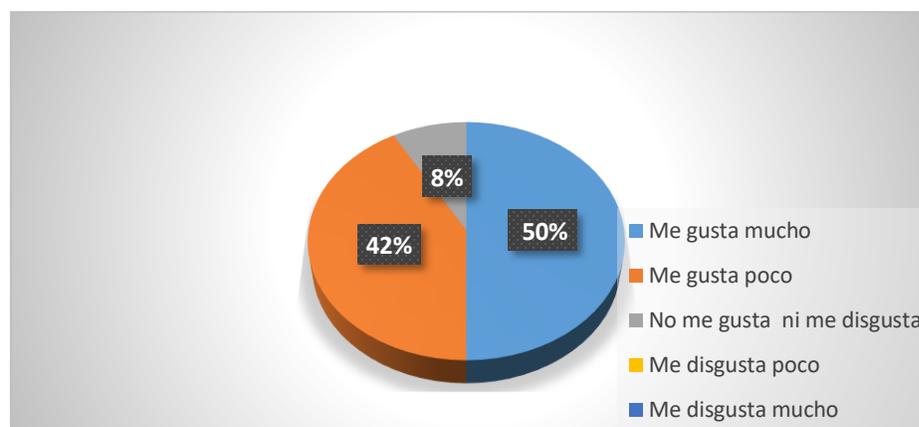
Los resultados indicados en la tabla III-13 Serán comparados más adelante con las referencias bibliográficas que se tienen.

3.5. Análisis Sensorial del Aceite de Semilla de Moringa

Se realizó un análisis seccional del producto obtenido a un total de 24 personas donde los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- ❖ Nivel de agrado o desagrado del color del aceite de moringa.

Gráfico III-2 Nivel de agrado o desagrado del color del aceite de Moringa

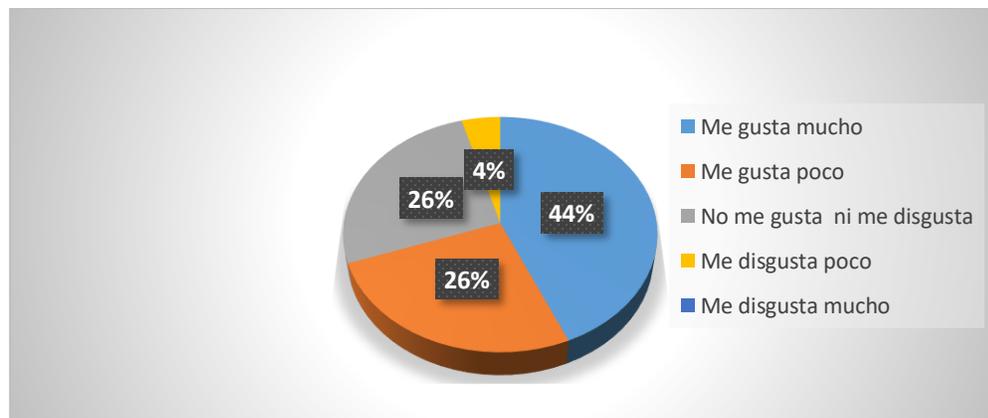


Fuente: Elaboración propia, 2021

En la gráfica III-2 se puede apreciar que el 50% de las personas encuestadas les gusta mucho el color del aceite de moringa, el 42% les gusta poco y el 8% no les gusta ni les disgusta.

- ❖ Nivel de agrado o desagrado del Olor del aceite de moringa.

Gráfico III-3 Nivel de agrado o desagrado del Olor del aceite de Moringa

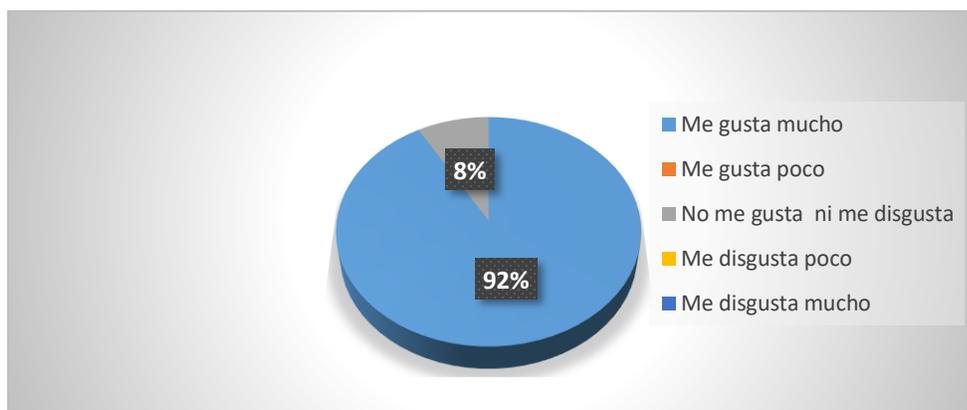


Fuente: Elaboración propia, 2021

Como se puede ver en la gráfica III-3 se puede apreciar que al 44% de las personas le gusta mucho el Olor del aceite de Moringa, el 26% le gusta poco, el 26% no le gusta ni le disgusta y el 4% le disgusta poco.

- ❖ Nivel de agrado o desagrado del Sabor del aceite de moringa.

Gráfico III-4 Nivel de agrado o desagrado del Sabor del aceite de Moringa

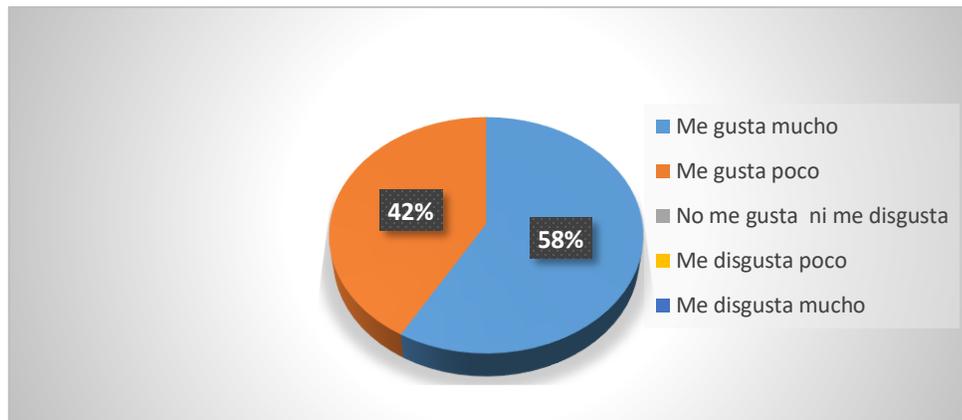


Fuente: Elaboración propia, 2021

En la gráfica III-4 se puede ver que al 92% de las personas le gusta mucho el Sabor del aceite de Moringa y el 8% le gusta poco.

- ❖ Nivel de agrado o desagrado del Textura del aceite de moringa.

Grafico III-5 Nivel de agrado o desagrado de la Textura del aceite de Moringa

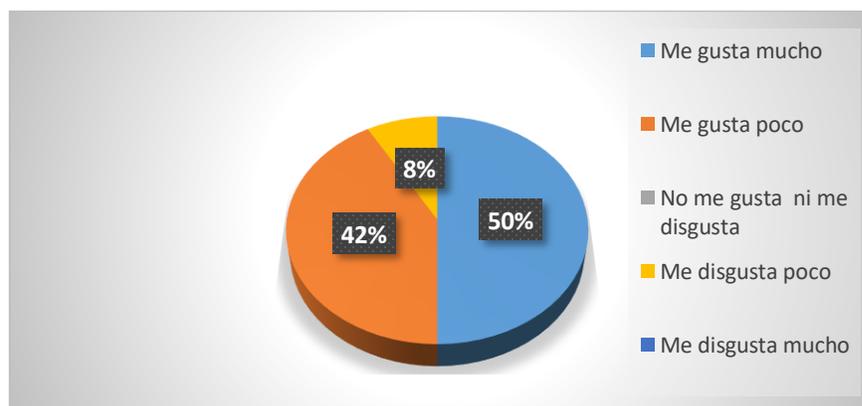


Fuente: Elaboración propia, 2021

En la gráfica III-5 se puede observar que al 58% de las personas le gusta mucho la textura del Aceite de Moringa y el 42% le gusta poco.

- ❖ Nivel de agrado o desagrado de la apariencia del aceite de moringa.

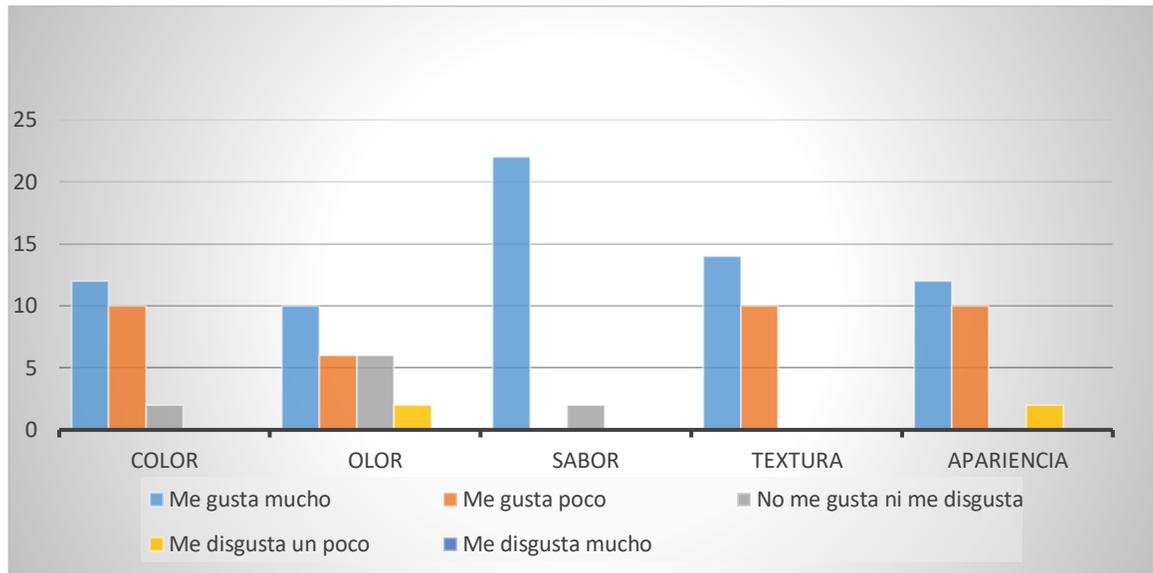
Grafico III-6 Nivel de agrado o desagrado de la apariencia del aceite de Moringa



Fuente: Elaboración propia, 2021

Como se puede apreciar la gráfica III-6 al 50% de las personas le gusta la apariencia del aceite de Moringa, el 42% le gusta poco, y el 8% le disgusta poco.

Grafico III-7 Representación Global del Análisis Sensorial del Aceite de Moringa



Fuente: Elaboración propia, 2021

Con la gráfica III-7 se llega a la conclusión de que al 58.8% de las personas les gusta mucho los atributos principales del aceite de moringa siendo esta la mayoría de las personas, y el 30% de las personas les gusta poco, siendo los demás datos no representativos para el análisis

Los resultados muestran que existe una mayoría notoria de personas que les gusto los atributos del Aceite de Moringa un 88.8% indicaron su gusto por el Aceite de Moringa siendo así un producto de buen agrado para las personas.

3.6. Comparación del Aceite de Semillas de Moringa

Las características fisicoquímicas de Aceite de Semillas de Moringa obtenido en el presente proyecto de investigación y las que se encuentran como referencia bibliográfica: Se detallan a continuación en la tabla III-14.

Tabla III-14 Comparación del Aceite Obtenido con otros Autores

Parámetro	Unidad	Datos Experimentales	AGROSELLER	Gomez Mitjans, Pita Bravo, & Zumalacárregui de Cárdenas
Acidez (como ácido oleico)	%	0.88	0.79	0.6514
Densidad relativa (20/20°C)		0.9143	0.9059	0.8852
Índice de refracción (20°C)		1.4659	1.4665±0.003	1.4586±0.002
pH (20°C)		6.86	4.83	5.29
Rancidez	pos/neg	Negativo	1.97	-

Fuente: Elaboración propia, 2021

Como se puede observar en la tabla III-14 los parámetros determinados cumplen con las características que según referencias bibliográficas debe presentar un Aceite de Semillas de Moringa.

3.7. Comparación del Rendimiento en la etapa de Prensado del Aceite de Semillas de Moringa (*Oleífera Lam*) con Aceites Obtenidos en otros Países

A continuación, en la tabla III-15, se presenta los rendimientos obtenidos por otros proyectos de Aceite de Semillas de Moringa en comparación con el obtenido en la ciudad de Tarija.

Tabla III-15 Comparación de Resultados de Rendimiento en la etapa de Prensado

Autores	Tarija-Bolivia	Guatemala	India
Rendimiento (%)	11.92	10.5 - 11.9	15.21

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la tabla III-15 se observa que el rendimiento experimental del presente trabajo se encuentra dentro del rango del rendimiento de Aceite de Semillas de Moringa obtenido en Guatemala (Valencia, 2019).

El rendimiento del Aceite de Semillas de Moringa depende de diferentes factores como la variedad, el clima, suelo y el sistema de producción del mismo, estos factores

juegan un papel decisivo en la extracción del aceite mismo por el cual varía en comparación al rendimiento de India.

3.8. Influencia de los Parámetros sobre el Rendimiento

Tabla III-16 Datos Experimentales del Proceso de Extracción de Aceite Esencial de Moringa

N° de Exp.	Factores		Respuesta 1	Respuesta 2
	Presión (psi)	Granulometría (mm)	Rendimiento del Aceite Obtenido (%)	Rendimiento del Aceite Obtenido (%)
1	2000	5	5.06	5.335
2	2000	4	5.29	5.941
3	2000	2	6.39	6.547
4	4000	5	8.11	7.03
5	4000	4	8.21	7.916
6	4000	2	8.68	8.802
7	6000	5	8.98	8.725
8	6000	4	9.09	9.891
9	6000	2	11.92	11.057

Fuente: Elaboración propia, 2021

En tabla III-16, se observan los resultados experimentales obtenidos en el proceso de extracción de aceite de Semillas de Moringa, donde se prueba la influencia de los parámetros, granulometría y presión de extracción sobre el rendimiento del aceite.

Los datos indicados, muestran claramente que pese a que se obtiene un rendimiento de aceite de 11.92 % con 6000psi de presión, el factor granulométrico es determinante.

3.8.1 Condiciones Recomendadas para el proceso de Extracción

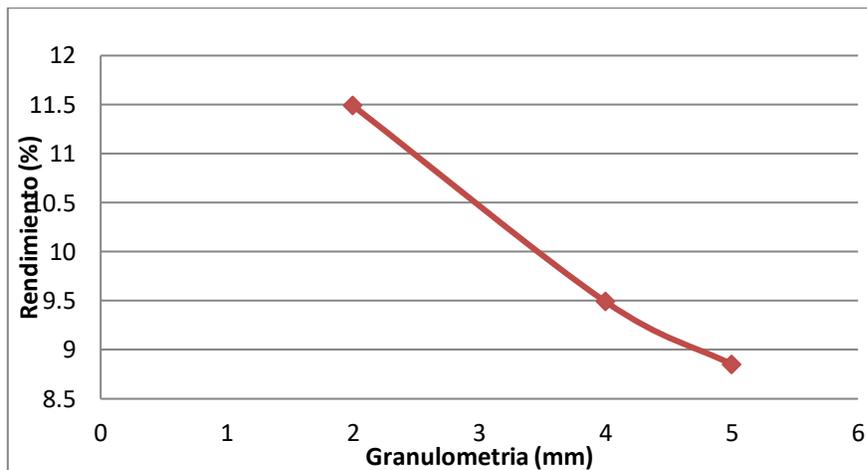
De los datos experimentales expuestos en la tabla III-17 se elaboró el gráfico III-1, empleando los datos obtenidos en la extracción con el menor factor de granulométrico, con lo cual se obtuvieron los mejores rendimientos de aceite.

Tabla III-17 Datos Experimentales del Proceso de Extracción de Aceite de Semillas de Moringa Empleando el Factor de Presión

Nº Exp	Presión (psi)	Granulometría (mm)	Rendimiento (%)
7	6000	5	8.852
8	6000	4	9.490
9	6000	2	11.488

Fuente: Elaboración propia, 2021

Grafico III-2 Rendimiento de Aceite de Semillas de Moringa empleando el Factor Granulométrico



Fuente: Elaboración propia, 2021

Se promediaron los resultados experimentales obtenidos con su respectiva repetición tomando el menor factor granulométrico. En el gráfico III-1 se puede observar un aumento considerable del rendimiento, mientras más pequeño sea el factor granulométrico mayor será el rendimiento, por lo que se considera que las condiciones óptimas un de extracción son: Un factor de presión de extracción de 6000 psi y un factor granulométrico de 2 mm.

Tabla III-18 Condiciones de Operación Recomendadas para el Proceso de Obtención de Aceite de Semillas de Moringa

Presión	Granulometría
---------	---------------

(psi)	(mm)
6000	2

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.9. Evaluación de costos

Para determinar el costo de la investigación se realizó la evaluación de costos directos, que se realizan durante la elaboración de todo el proyecto. Las siguientes tablas muestran los detalles de los costos directos e indirectos.

Tabla III-19 Detalle de Costos de Materia Prima y Transporte

N°	ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO (Bs)
1	Materia Prima	Semilla de Moringa	15(Kg)	1500
2	Transporte	Bermejo-Tarija	-----	100
TOTAL				1600

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla III-20 Detalle de Costos de Materiales Empleados en la Extracción de Aceite de Semillas de Moringa

N°	ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (Bs)	CANTIDAD	COSTO (Bs)
1	Vaso de precipitado	50 ml	52	1	50
2	Probeta de vidrio	100 ml	45	1	45
3	Espátula metálica	Mediana	35	1	35
4	Cuchillo	Mediano	5	1	5
5	Papel filtro	Whatman 42	2	20	40
6	Frasco ámbar de plástico	50 ml	10	20	200
TOTAL					375

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla III-21 Detalle de Costos de Análisis Físicoquímico de Aceite de Obtenido

N°	ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (Bs)	CANTIDAD	COSTO (Bs)
1	Materia prima	Humedad	30	1	30
2	Producto obtenido	Acidez (como ácido oleico)	40	1	40
2		Rancidez	30	1	30
4		Densidad relativa (20/20°C)	40	1	40
5		pH (20 °C)	30	1	30
6		Índice de Refracción (20°C)	40	1	40
TOTAL					210

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla III-22 Detalle de Costos de Servicios y Materiales Directos e Indirectos

N°	ACTIVIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	CANTIDAD	COSTO (Bs)
1	Investigación en internet	Mes	120	6	720
2	Impresión	Ejemplares	70	3	210
4	Empastados	Empastado	60	3	180
5	Transporte diario	Pasaje	5	30	150
6	Mano de obra	Día	150	30	4500
TOTAL					5760

Fuente: Elaboración propia, 2021

La evaluación total de costos se representa en la siguiente tabla:

Tabla III-23 Detalle de Costos Totales

N°	DESCRIPCIÓN	TOTAL (Bs)
1	Costos de materia prima y transporte	1600
2	Costos de materiales adquiridos	375

3	Costos de análisis	210
4	Costo de servicios y materiales directos e indirectos	5760
TOTAL		7945

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.10. Costos de Producción

A partir de los balances de materia y energía se estimó el costo de producción de la extracción de aceite a partir de Semillas de Moringa (*Oleífera Lam*).

Tabla III-24 Detalle de Costos de Requerimiento Energético

N°	ETAPA	REQUERIMIENTO ENERGETICO		
		Energía consumida (kW-h)	Costo unitario (Bs)	Total (Bs)
1	Triturado	0.124	0.90	0.112
2	Tamizado	0.027	0.90	0.024
3	Filtrado	0.172	0.90	0.155
TOTAL				0.291

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla III-25 Detalle de Costos de Materia Prima y mano de Obra

N°	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (Bs)	COSTO (Bs)
1	Semilla de Moringa	80	80
2	Agua para lavado de los materiales y los equipos	10	10
3	Mano de obra	150	150
TOTAL			240

Fuente: Elaboración propia, 2021

El costo de producción para extraer aceite a partir de 800g de Semilla de Moringa es el siguiente:

Tabla III-26 Detalle de Costos de Producción

N°	DESCRIPCION	TOTAL (Bs)
1	Costo de requerimiento energético	0.291
2	Costo de insumos, materia prima y mano de obra	240
TOTAL		240.291

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla III-27 Costo del Aceite de Semilla de Moringa

N°	DESCRIPCIÓN	TOTAL (Bs)
1	Costo de Aceite de Moringa (Bs/L)	1350
2	Costo de insumos, materia prima y mano de obra	240
TOTAL		1580

CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- ❖ Para la caracterización de la materia prima, se analizaron las propiedades físicas y químicas de las Semillas de Moringa. Se determinó su porcentaje de humedad que se realizó en el laboratorio del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) en el departamento de Tarija, el cual fue 5.57% mismo que se encuentra dentro del rango óptimo para realizar una extracción de aceite asegurando un buen rendimiento del producto obtenido.
- ❖ La determinación de los parámetros fisicoquímicos del Aceite obtenido (Acidez 0.88%, pH 6.86, rancidez Negativo, índice de refracción 1.4659 y densidad relativa 0.9143), fueron comparados con los resultados referenciales, donde se observa que todos se encuentran dentro de los parámetros que caracterizan un buen Aceite de Semillas de Moringa.
- ❖ Referente a la extracción de Aceite de Semillas de Moringa mediante prensado al frío, resulta más adecuado trabajar con el menor factor granulométrico (2mm) y con la mayor presión de extracción (6000psi), por permitir un mayor rendimiento de aceite obtenido.
- ❖ El porcentaje de rendimiento del Aceite de Semillas de Moringa de Tarija es 11.92 % por cada 400.6 gr de Semillas de Moringa empleadas en la extracción. De acuerdo a bibliografía, el rendimiento de este aceite varía entre 1 a 2 %, por lo tanto, el resultado obtenido se encuentra dentro del rango esperado.

4.2. Recomendaciones

- ❖ Se recomienda realizar un estudio de pre factibilidad, tomando en cuenta el escalamiento adecuado del proceso con el fin de reducir costos y lograr un precio del producto competitivo en el mercado.
- ❖ La torta residual sobrante luego de la extracción del aceite sirve como fertilizante o floculante para purificar el agua, se recomienda hacer un estudio más profundo sobre este tema.
- ❖ Se considera importante realizar trabajos de investigación sobre el aprovechamiento y aplicación del Aceite de Semillas de Moringa, teniendo como base este estudio, principalmente en la industria gastronómica, así como en la industria farmacéutica para la fabricación de pomadas.
- ❖ El aceite de semilla de moringa también tiene potencial para su uso como biocombustible, se recomienda realizar un trabajo de investigación sobre este tema ya que es de vital importancia.
- ❖ Para trabajar con la semilla de moringa debe conocer específicamente la variedad a utilizar ya que puede influenciar en la obtención del aceite en los procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGROSELLER. (30 de Junio de 2019). Obtenido de Aceite de Moringa:
http://www.agroseller.net/moringa_aceite_es.html
- Aguilar Villalobos, A. (28 de Febrero de 2012). Obtenido de Laboratorio de Química Orgánica, Práctica no. 3, Destilación por arrastre de vapor. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, México.:
<http://quimicaorgancia1alejandraaguilar.blogspot.com/2012/02/practica-3-destilacion-porarrastre-de.html>.
- Botanical-Online. (2 de Abril de 2019). Obtenido de Propiedades Medicinales del Aceite de Moringa: <https://www.botanical-online.com/productos-naturales/aceite-moringa-propiedades>
- Brunner, S. (5 de Noviembre de 2015). Obtenido de Moringa-Rentabilidad-El dia:
https://www.eldia.com.bo/index.php/index.php?cat=148&pla=3&id_articulo=184591
- BUNGE. (26 de Junio de 2019). Obtenido de Aceites Vegetales:
<https://es.bungenorthamerica.com/products/categories/96-aceites-vegetales>
- CBI Ministry of Foreign Affairs. (01 de Noviembre de 2018). *Exportando Moringa a Europa*. Obtenido de <https://www.cbi.eu/market-information/natural-ingredients-health-products/moringa#>
- Club Planeta. (Lunes de Junio de 2019). Obtenido de La Moringa y sus características:
https://www.clubplaneta.com.mx/cocina/la_moringa_y_sus_caracteristicas.htm
- Cruz, C. (2018). Obtenido de Universidad Mayor de San Andrés :
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20499/TES-1085.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De Ja Vu Brands. (28 de Noviembre de 2014). *Aceites esenciales salud y medio ambiente*. Obtenido de <http://dejavubrands.com/aceites-esenciales-beneficiosos-para-la-salud-y-el-medio-ambiente/>
- Dumont, A. (2019). Obtenido de Aceiteria Dumont: <https://www.aceiteria.cl/proceso>
- El pequeño Agroindustrial. (9 de Julio de 2014). Obtenido de Extracción de Aceite: Prensado: <http://elpequenoagroindustrial.blogspot.com/2014/07/extraccion-de-aceite-prensado.html>
- Equipo de botanical-Online encargado de la redacción de contenidos. (22 de Abril de 2019). Obtenido de Característica de los aceites vegetales:
<https://www.botanical-online.com/alimentos/aceites-vegetales-caracteristicas>

- Equipo de Botanical-Online encargado de la redaccion de contenidos. (16 de Mayo de 2019). Obtenido de Botanical-Online: <https://www.botanical-online.com/alimentos/aceite-moringa-alimentacion>
- Foidl , N., Mayorga , L., & Vásquez, W. (25 de Junio de 2019). Obtenido de Utilización del Marango (Moringa oleífera Lam) como forraje fresco para ganado: <http://www.moringanews.org/documents/foildspanish.pdf>
- Gomez Mitjans, D., Pita Bravo, V., & Zumalacárregui de Cárdenas, B. (13 de Octubre de 2016). *Caracterización de aceites de las semillas de Moringa oleífera por diferentes metodos*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v18n2/v18n2a14.pdf>
- Irina. (Domingo de Octubre de 2015). Obtenido de La Moringa: <http://irinafigueredo.blogspot.com/>
- ITC. (24 de Abril de 2019). *Trade Map International Trade Statistics*. Obtenido de Estadísticas del comercio para el desarrollo Internacional de las Empresas: https://www.trademap.org/tradestat/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=3||||1521|||4|1|1|2|2|1|2|2|1
- Mapachito, I. (25 de Febreo de 2018). Obtenido de Aceite de moringa Oleifera - Potiholic Blog de Belleza: <https://potiholic.com/aceite-de-moringa-oleifera/>
- Mitjans, D. G. (2016). Obtenido de Caracterizacion de Aceites de la Semilla de Moringa: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiP_qK6mL7xAhU4GLkGHdDoCy0QFjAAegQIAhAD&url=http%3A%2F%2Fwww.scielo.org.co%2Fpdf%2Fbiote%2Fv18n2%2Fv18n2a14.pdf&usg=AOvVaw3gOB0cVphRGOxJRXIAbGJZ
- Paniagua, A., & Chora , J. (2016). Elaboración de Aceite de semillas de Moringa Oleífera para diferentes usos. *Revista de Ciencias de la Salud* , 11.
- Paniagua, R. (16 de Mayo de 2019). Mercado de Aceite de Moringa . (C. A. Marin, Entrevistador)
- Productos Virgenes Verdes. (25 de Marzo de 2019). Obtenido de Beneficios del aceite de Moringa: <https://greenvirginproducts.com/categories/moringa-oil-benefits.html>
- Sara Andrade. (08 de Septiembre de 2018). *Conde Nast Traveler*. Obtenido de Esta es la moringa, el árbol de la eterna juventud que necesita tu dieta: <https://www.traveler.es/gastronomia/articulos/mejores-recetas-moringa/13487>

Tabio Garcia. (12 de Febrero de 2019). Obtenido de Extraccion de Aceites de origen Vegetal:

https://www.researchgate.net/publication/317007345_Extraccion_de_aceites_de_origen_vegetal

Valencia, M. (Miercoles de Junio de 2019). Obtenido de MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA SEMILLA DE MORINGA (Moringa oleífera):

<file:///C:/Users/Usuario/Desktop/andres%20flash%20tesis%20no%20borrar/Valencia-Maylin.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1. Análisis Físicoquímico de las Semillas de Moringa



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE "CIENCIAS Y TECNOLOGÍA"
CENTRO DE ANÁLISIS, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO "CEANID"
Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes
Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos
Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes
Laboratorio Oficial del "SENASAG"



CEANID-FOR-88
Versión 01
Fecha de emisión: 2016-10-31

INFORME DE ENSAYO

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Cliente:	Carlos Andres Marín				
Solicitante:	Carlos Andres Marín				
Dirección:	Barrio Tabladita				
Teléfono/Fax:	75123495	Correo-e:	*****	Código:	AL 083/21

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Descripción de la muestra:	Semilla de moringa				
Código de muestreo:	M1	Fecha de vencimiento:	*****	Lote:	*****
Fecha y hora de muestreo:	2021-03-30				
Procedencia (Localidad/Prov/ Dpto):	Bermejo - Arce - Tarija Bolivia				
Lugar de muestreo:	Bermejo				
Responsable de muestreo:	Carlos Andres Marín				
Código de la muestra:	317 FQ 238	Fecha de recepción de la muestra:	2021-03-30		
Cantidad recibida:	100 g	Fecha de ejecución de ensayo:	De 2021-03-30 al 2021-04-09		

III. RESULTADOS

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITES PERMISIBLES		REFERENCIA DE LOS LÍMITES
				Min.	Max.	
Humedad y materia volátil	NB 313010:05	%	5,57	Sin Referencia	Sin Referencia	

NB: Norma Boliviana

%: porcentaje

- 1) Los resultados reportados se remiten a la muestra ensayada en el Laboratorio
- 2) El presente informe solo puede ser reproducido en forma parcial y/o total, con la autorización del CEANID
- 3) Los datos de la muestra y el muestreo, fueron suministrados por el cliente

Tarija, 09 de abril del 2021

Ing. Adalid Aceituno Cáceres
JEFE DEL CEANID



Original: Cliente

Copia: CEANID

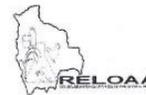
Dirección: Campus Universitario Facultad de Ciencias y Tecnología Zona "El Tejar" Tel. (591) (4) 6645648
Fax: (591) (4) 6643403 - Email: ceanid@uajms.edu.bo - Casilla 51 - TARIJA - BOLIVIA

Página 1 de 1

ANEXO2. Análisis Físicoquímico del Aceite Obtenido



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE "CIENCIAS Y TECNOLOGÍA"
CENTRO DE ANÁLISIS, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO "CEANID"
Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes
Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos
Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes
Laboratorio Oficial del "SENASAG"



CEANID-FOR-88
Versión 01
Fecha de emisión: 2016-10-31

INFORME DE ENSAYO

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Cliente:	Carlos Andres Marín				
Solicitante:	Carlos Andres Marín				
Dirección:	Barrio Tabladita				
Teléfono/Fax:	75123495	Correo-e:	*****	Código:	AL 083/21

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Descripción de la muestra:	Aceite vegetal de semilla de moringa				
Código de muestreo:	M2	Fecha de vencimiento:	*****	Lote:	*****
Fecha y hora de muestreo:	2021-03-10				
Procedencia (Localidad/Prov/Dpto):	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia				
Lugar de muestreo:	Laboratorio de Operaciones Unitarias - UAJMS				
Responsable de muestreo:	Carlos Andres Marín				
Código de la muestra:	318 FQ 239	Fecha de recepción de la muestra:	2021-03-30		
Cantidad recibida:	95 ml	Fecha de ejecución de ensayo:	De 2021-03-30 al 2021-04-09		

III. RESULTADOS

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITES PERMISIBLES		REFERENCIA DE LOS LIMITES
				Min.	Max.	
Acidez (como ac.oleico)	NB 229:98	%	0,88	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia
Densidad relativa (20/20°C)	NB 230:99		0,9143	Sin referencia	Sin referencia	Sin referencia
Índice de refracción (20°C)	NB 34003:06		1,4659	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia
pH (20°C)	SM 4500-H-B		6,86	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia
Rancidez	NB 34009:06	pos/neg	Negativo	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin referencia

NB: Norma Boliviana
%: porcentaje
mg/kg: miligramos por kilogramo
n.d. No detectable

- 1) Los resultados reportados se remiten a la muestra ensayada en el Laboratorio
- 2) El presente informe solo puede ser reproducido en forma parcial y/o total, con la autorización del CEANID
- 3) Los datos de la muestra y el muestreo, fueron suministrados por el cliente

Tarija, 09 de abril del 2021

Ing. Adalid Aceituno Cáceres
JEFE DEL CEANID



Original: Cliente
Copia: CEANID

Dirección: Campus Universitario Facultad de Ciencias y Tecnología Zona "El Tejar" Tel. (591) (4) 6645648
Fax: (591) (4) 6643403 - Email: ceanid@uajms.edu.bo - Casilla 51 - TARIJA - BOLIVIA

Página 1 de 1

ANEXO.3 TEST PARA LA DEGUSTACION DEL PRODUCTO FINAL DEL PROYECTO DE GRADO, OBTENCION DE ACEITE DE SEMILLA DE MORINGA (*Oleífera Lam*) MEDIANTE EXTRACCIÓN POR PENSADO AL FRIO, CULTIVADA EN LA PROVINCIA ARCE (DEPARTAMENTO DE TARIJA)

TEST PARA LA DEGUSTACION DEL PRODUCTO FINAL DEL PROYECTO DE GRADO, OBTENCION DE ACEITE DE SEMILLA DE MORINGA (*Oleífera Lam*) MEDIANTE EXTRACCIÓN POR PENSADO AL FRIO, CULTIVADA EN LA PROVINCIA ARCE (DEPARTAMENTO DE TARIJA)

NOMBRE: *Roberto Carlos Garabito Méndez*
 EDAD: *22*
 FECHA: *29 de Mayo 2021*

Tomando en cuenta la escala hedónica, pruebe por favor las siguientes muestras e indique su nivel de agrado o desagrado marcando con una "X" el punto que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos.

- 1) Me gusta mucho
- 2) Me gusta poco
- 3) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta poco
- 5) Me disgusta mucho

MUESTRA	ATRIBUTO	1	2	3	4	5
	COLOR	✓				
	OLOR		✓			
	SABOR	✓				
	TEXTURA		✓			
	APARIENCIA	✓				

TEST PARA LA DEGUSTACION DEL PRODUCTO FINAL DEL PROYECTO DE GRADO, OBTENCION DE ACEITE DE SEMILLA DE MORINGA (*Oleifera Lam*) MEDIANTE EXTRACCIÓN POR PENSADO AL FRIO, CULTIVADA EN LA PROVINCIA ARCE (DEPARTAMENTO DE TARIJA)

NOMBRE: Danilo Sejas Mansilla

EDAD: 22 años

FECHA: 29-03-21

Tomando en cuenta la escala hedónica, pruebe por favor las siguientes muestras e indique su nivel de agrado o desagrado marcando con una "X" el punto que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos.

- 1) Me gusta mucho
- 2) Me gusta poco
- 3) No me gusta ni me disgusta
- 4) Me disgusta poco
- 5) Me disgusta mucho

	ATRIBUTO	1	2	3	4	5
MUESTRA	COLOR		X			
	OLOR	X				
	SABOR	X				
	TEXTURA	X				
	APARIENCIA	X				