

**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 PENSADO 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**

V°B°

-----  
M.Sc. Ing. A. José Navia Ojeda

DECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

-----  
M.Sc. Lic. Deysi Arancibia Márquez

VICEDECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

-----  
Ing. Rene Michel Cortes

-----  
Ing. Raúl Mejía Mogrovejo

-----  
Ing. Daniel García Olivares

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 <b>3k</b> .....   | 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<br>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<br>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**

|  | <b>Paginas</b> |
|--|----------------|
| 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

|   | <b>Paginas</b> |
|---|----------------|
| 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 |