



**Universidad Técnica de Manabí**

**Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas**

**Carrera de Ingeniería Química**

Trabajo de titulación

Previo al título de Ingeniero Químico

Tema:

Métodos de extracción para los compuestos esenciales del algarrobo  
(*Prosopis Pallida*) y su posible aplicación a nivel industrial.

Autoras:

Bermello Ochoa Stephany Judith

García Cedeño Dina María

Tutor:

Ing. Ramón Cevallos Cedeño

**Portoviejo-Ecuador**

**2015**

## CLAUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Nosotras, Bermello Ochoa Stephany Judith y García Cedeño Dina María autoras de la tesis titulada "*Métodos de extracción para los compuestos esenciales del algarrobo (Prosopis Pallida) y su posible aplicación a nivel industrial.*", mediante el presente documento de constancia de que la obra es de nuestra exclusiva autoría y producción, que la hemos elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Ingeniero Químico en la Universidad Técnica de Manabí.

1. Cedo a la Universidad Técnica de Manabí, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/as de la obra antes referida, asumiremos toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entregamos a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

Fecha, 14 de Octubre del 2015 .....

Stephany Bermello O.  
Bermello Ochoa Stephany Judith

Dina García Cedeño  
García Cedeño Dina María

## CERTIFICACIÓN

Yo, Ingeniero Ramón Cevallos Cedeño, catedrático de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí, para los fines legales.

## CERTIFICO

Que el trabajo de titulación “**MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA LOS COMPUESTOS ESENCIALES DEL ALGARROBO (*Prosopis pallida*) Y SU POSIBLE APLICACIÓN A NIVEL INDUSTRIAL**” fue desarrollada bajo mi tutoría y control por las señoritas **BERMELLO OCHOA STEPHANY JUDITH Y GARCÍA CEDEÑO DINA MARÍA**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Químico**, cumpliendo con todos los requisitos del nuevo Reglamento para el trabajo de Titulación que exige la Universidad, alcanzado mediante el esfuerzo, dedicación y perseverancia demostrado por las autoras de este trabajo.



**Ing. Ramón Cevallos Cedeño**  
**TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme dado la vida, salud, voluntad y la oportunidad de estudiar para así lograr mis objetivos.

A mis padres Yonny y Liliana por ser mis pilares fundamentales de apoyo y formación desde siempre, por sus consejos, sus valores, por su motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis Hermanas Ing. Malena, Dayana y Melissa por ser parte de mi vida y mi fortaleza gracias.

A mis abuelitos, porque aunque mi abuelito ya no esté entre nosotros siempre se llenaba de alegría en cada triunfo que alcanzaba en mi vida.

A mis amigos y compañeros quienes de una u otra forma me apoyaron en cada momento de mi carrera.

A todos mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

**Stephany Bermello**

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme dado la vida y gracias a Él he llegado a concluir con lo más brillante mi carrera.

A mi Esposo: Ing. Eduardo Palma quien con su amor, decisión, impulso y comprensión me dio su apoyo permaneciendo a mi lado en todos los momentos difíciles y por su aliento de fe en cada instante de la investigación de tesis.

A mis padres: Ricardo y Alexia que me alentaron y ayudaron moral, espiritualmente y en especial a mi madre que me alentó con sus consejos conduciéndome por la superación y el progreso.

A mis hermanos: Ricardo, Ricky y Salomé por la alegría constante y permanente que irradian en mi respetada familia y en mi formación día a día.

A mis hijos: José Ricardo y José Eduardo razón y motivo de mi lucha, les dedico este triunfo con el deseo de que les sirva de guía, ejemplo y orgullo en sus días venideros y que sea motivo como ejemplo a seguir.

**Dina García**

## **AGRADECIMIENTO**

Comprender el significado de un sentimiento de gratitud, es sencillo cuando se lo ha experimentado.

A la facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, y a sus dignidades docentes expresamos nuestro testimonio de respeto y gratitud por haber sido los gestores de nuestra formación profesional.

Gracias para toda la vida Ing. Ramón Cevallos Cedeño usted nos demostró su profesionalismo y ayuda en el desarrollo de este importante tema de investigación de nuestra tesis.

Al Ing. Ulbio Alcívar Cedeño en su calidad de revisor de tesis a quien expresamos nuestro sincero agradecimiento por su acertada y valiosa orientación técnica en el desarrollo de este trabajo de investigación. Así como su decisión espontánea, voluntaria y el gesto de buena persona que nos demostró en la ejecución de la misma.

A los catedráticos de la escuela de Ing. Química por ayudarnos en la formación profesional que en todos los semestres de la carrera se nos brindó.

Gracias para toda la vida.

Gracias de todo corazón.

**Las Autoras**

## RESUMEN

La especie vegetal de algarrobo *Prosopis Pallida* es originaria de las zonas áridas de Ecuador, Perú y Colombia y presenta diversas propiedades medicinales, puede ser utilizado como laxante, su alto contenido en fibra estimula la digestión, elimina los radicales libres además presenta una gran variedad de utilidades a nivel industrial.

El presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de describir métodos de caracterización y extracción de componentes esenciales de la semilla de esta planta con la finalidad de buscar mejoras y optimizar los procesos para su posible uso industrial.

Para aplicar estos métodos se emplearon técnicas en el laboratorio para determinaciones cuantitativas y cualitativas de los diversos componentes que esta especie presenta. Técnicas como colorimetría, espectrofotometría, titulación, lixiviación, destilación por arrastre de vapor y extracción por solventes fueron usadas en el transcurso de los procesos experimentales.

Los principales compuestos que posee y en los que se hizo énfasis fueron taninos, fenoles, proteínas, carbohidratos y fibra, todos ellos presentan un sinnúmero de usos para el desarrollo de productos en varios sectores industriales.

Finalmente cabe destacar que la eficiencia en los que respecta a la recuperación de solvente fue elevada por lo que a nivel industrial es factible emplear los métodos y técnicas vistas en el transcurso de este trabajo de investigación.

**Palabras claves:** *Prosopis Pallida*, Industria, caracterización, extracción componentes esenciales.

## SUMMARY

The carob plant species *Prosopis Pallida* is native to the arid Ecuador, Peru and Colombia and has several medicinal properties, can be used as a laxative, high in fiber stimulates digestion, eliminates free radicals also it presents a variety of utilities at industrial level.

This research was conducted with the purpose of describing methods of characterization and extraction of essential components of the seed of this plant in order to seek improvements and optimize processes for possible industrial use.

To apply these methods techniques were used in the laboratory for quantitative and qualitative of the various components that this species has determinations. Techniques such as colorimetry, spectrophotometry, titration, leaching, by steam distillation and solvent extraction were used during the experimental processes.

The main compounds that owns and in which emphasis was placed were tannins, phenols, proteins, carbohydrates and fiber, they all have a number of uses for product development in various industrial sectors.

Finally it should be noted that the efficiency in terms of solvent recovery was high so industrially feasible using the methods and techniques seen during this research.

**Keywords:** *Prosopis Pallida*, Industry, characterization, essential components extraction.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	14
CAPÍTULO I.....	16
1. Antecedentes y Justificación .....	16
2. Planteamiento del problema .....	18
2.1. Delimitación del problema .....	18
2.2. Formulación del problema .....	18
3. Objetivos .....	19
3.1. Objetivo general .....	19
3.2. Objetivos específicos.....	19
CAPITULO II .....	20
4. Marco teórico .....	20
4.1. El algarrobo ( <i>Prosopis Pallida</i> ) .....	20
4.1.1. Origen.....	20
4.1.2. Familia vegetal .....	20
4.1.3. Hábitat .....	20
4.1.4. Descripción Botánica del Algarrobo .....	21
4.2. Compuestos químicos del algarrobo .....	23
4.2.1. Características bromatológicas.....	23
4.2.2. Características químicas .....	23
4.2.3. Farmacología y actividad biológica .....	24
4.3. Harina de algarroba .....	25
4.3.1. Composición.....	25
4.4. Ventajas del algarrobo.....	26
4.4.1. Dulce de origen natural .....	26
4.4.2. Vitaminas .....	26
4.4.3. Minerales.....	26
4.4.4. Menor contenido graso.....	26

4.4.5. Usos medicinales.....	27
4.5. Caracterización química del algarrobo y posibles métodos de extracción.....	28
4.5.1. Pasos previos a la caracterización y extracción de componentes esenciales. ..	28
4.5.2. Métodos y técnicas para caracterización y extracción de componentes esenciales y sus usos industriales. ....	29
CAPÍTULO III.....	40
5. Hipótesis.....	40
6. Variables y su Operacionalización.....	40
6.1. Variable independiente.....	40
6.2. Variable dependiente.....	40
6.3. Operacionalización de las variables .....	41
6.4. Comprobación cualitativa de la hipótesis.....	43
7. Diseño metodológico.....	44
7.1. Tipo de diseño .....	44
7.2. Métodos.....	44
7.3. Técnicas.....	45
7.3.1. Determinación cualitativa por colorimetría.....	45
7.3.2. Determinación cuantitativa por titulación.....	46
7.3.3. Determinación cuantitativa de fenoles por espectrofotometría.....	48
7.3.4. Extracción por lixiviación .....	49
7.3.5. Extracción con solventes.....	50
7.3.6. Extracción por arrastre con vapor .....	50
7.4. Instrumentos .....	51
7.5. Recursos... ..	51
7.5.1. Humanos.....	51
7.5.2. Materiales .....	51
7.5.3. Equipos.....	51
7.5.4. Tecnológicos .....	51
7.5.5. Económicos .....	52

CAPITULO IV.....	53
8. Presentación y análisis de los resultados.....	53
8.1. Diagrama de bloques para la caracterización y extracción de componentes esenciales.....	53
8.2. Balances de Masas .....	54
8.2.1. Balance General .....	54
8.3. Procedimientos experimentales para la caracterización de los componentes esenciales.....	55
8.3.1. Resultados de análisis proximales. Caracterización de química de algarrobo (Prosopis Pallida) .....	55
8.3.2. Cálculos y resultado de la determinación cualitativa de taninos por colorimetría.....	57
8.3.3. Cálculos y resultado de la determinación cuantitativa de taninos por titulación.....	59
8.3.4. Resultados de la determinación cuantitativa de fenoles por espectrofotometría.....	60
8.4. Recuperación de solventes y cálculo de la eficiencia del equipo basada en el rendimiento... ..	66
8.5. Mejora en la extracción para su posible aplicación a nivel industrial.....	71
9. Conclusiones.....	72
10. Recomendaciones.....	74
PARTE REFERENCIAL.....	75
Presupuesto .....	75
Cronograma.....	76
Bibliografía .....	77
ANEXOS.....	83
GLOSARIO.....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional del fruto del algarrobo .....	22
Tabla 2. Composición Nutricional .....	23
Tabla 3. Propiedades herbolarias y medicinales del algarrobo .....	24
Tabla 4. Colorimetría para la determinación cualitativa de taninos.....	46
Tabla 5. Perfil proximal de la harina de algarrobo.....	56
Tabla 6. Análisis proximal harina de algarrobo .....	56
Tabla 7. Resultado de la determinación por colorimetría de taninos.....	58
Tabla 8. Resultados de absorbancia y transmitancia a 520 nm con Ácido Gálico.....	61
Tabla 9. Resultados de absorbancia y transmitancia a 520 nm en Agua - Etanol.....	61
Tabla 10. Resultados de absorbancia y transmitancia a 520 nm en Éter .....	61
Tabla 11. Resultados de absorbancia y transmitancia a 520 nm en Agua .....	62
Tabla 12. Resultados de absorbancia y transmitancia a 520 nm en Hexano.....	62
Tabla 13. Resultados de absorbancia y transmitancia a 520 nm en Etanol.....	62
Tabla 14. Análisis de la varianza para ABS – Suma de cuadrados tipo III .....	63

## ÍNDICE DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Molienda de las semillas para empezar el proceso de caracterización y extracción .....	55
Ilustración 2. Coloración obtenida (Verde oscuro) .....	58
Ilustración 3. Muestra titulada.....	60
Ilustración 4. Solventes .....	63
Gráfico 1. Gráfico de razón de P para ABS de concentraciones, solventes y residuos .....	64
Gráfico 2. Perfil fenólico Prosopis Pallida en diferentes solventes .....	65
Gráfico 3. Comparación entre solventes utilizados para la extracción y recuperado de los mismos.....	69
Gráfico 4. Comparación de la eficiencia de los solventes en el recuperado .....	69

## INTRODUCCIÓN

Es trascendental que la Universidad Técnica de Manabí, promueva el desarrollo de métodos de extracción optimizados como una de las características en la formación de los ingenieros químicos, así como proponer posibles usos industriales a especies vegetales no convencionales como el algarrobo (*Prosopis Pallida*).

El algarrobo está compuesta de fibras, proteínas, vitaminas y nitrógeno, a esta se le atribuye propiedades nutritivas y medicinales en sus componentes, posee elevado contenido de sacarosa en su estructura lo que la hace aún más interesante para analizar y estudiar. Actualmente el principal uso que se le da a este fruto es el de alimento para animales de granja; también son usadas para carbón de leña y otras utilidades como el alimento balanceado destinado al consumo de animales.

La investigación realizada está estructurada de la siguiente manera:

El planteamiento del problema, comprende el problema de investigación que parte de los antecedentes y justificación de los métodos de extracción de los compuestos químicos del algarrobo y sus posibles usos a nivel industrial, para posteriormente formular las preguntas directrices, permitiendo expresar debidamente el problema para así plantear los objetivos tanto general y específicos que aportarán a la solución del problema investigado.

A continuación se encontrará una referencia del Marco Teórico, abordando los antecedentes investigativos y estableciendo las categorías fundamentales como son la variable independiente que se refiere a los métodos de extracción de los componentes químicos del algarrobo (*Prosopis Pallida*) y de la variable dependiente que trata sobre la posible aplicación de los compuestos del algarrobo a nivel industrial y para ello requeriremos de la caracterización, el análisis, comparando cada uno de los métodos de extracción del algarrobo para así proponer mejoras en base a las diferentes aplicaciones a nivel industrial, para finalmente concluir en la formulación de la hipótesis.

Se presentará también un diseño metodológico en el cual se encontrarán los métodos, técnicas e instrumentos a utilizar para el logro de los objetivos de la investigación de los

compuestos del algarrobo, de igual manera se presenta el procedimiento a utilizarse para el respectivo análisis y comparación de los métodos de extracción de los compuestos químicos del algarrobo.

Los resultados que se obtuvieron en el transcurso del trabajo de investigación sirvieron mucho para las autoras del mismo y los ingenieros que estaban al tanto de la tesis debido a que los ensayos hechos con la especie *Prosopis Pallida* son muy importantes para el desarrollo investigativo y experimental de la carrera de Ingeniería Química.

A partir de una muestra de 3 Kg de vainas del algarrobo *Prosopis Pallida* Se aplicaron métodos de caracterización y extracción de componentes esenciales en el laboratorio de química de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.

Con la ayuda de técnicas y métodos como titulación con permanganato de potasio y por colorimetría se determinó las cantidades de taninos tanto cualitativa como cuantitativamente, se utilizaron equipos como el espectrofotómetro para realizar una caracterización de la concentración de fenoles en la muestra analizada.

También se utilizó la extracción por solventes y destilación por arrastre de vapor para complementar más aún los ensayos y realizar la recuperación de las sustancias que sirvieron para diluir la muestra.

Al final del trabajo se observan los resultados obtenidos en donde se aprecia que la especie vegetal analizada contiene una rica composición de elementos y sustancias esenciales como fibras, taninos, fenoles y proteínas.

Por último también se detalla un diagrama de bloques que indica cual sería los procedimientos adecuados para llevar estos ensayos a varios sectores de la industria porque la especia tratada en este trabajo brinda grandes utilidades y puede ser empleada para un sinnúmero de actividades y procesos a niveles industriales.

# CAPÍTULO I

## 1. Antecedentes y Justificación

El algarrobo es un tipo de planta leguminosa muy conocida debido a que crece en muchas partes del mundo y prácticamente en cualquier tipo de suelo bajo el nombre de diversas especies *Prosopis*.

Existen alrededor de 45 especies de *Prosopis* pero la que se va a tratar y conocer a más profundidad en el desarrollo del presente trabajo de investigación es la *Prosopis Pallida*.

La especie de algarrobo *Prosopis Pallida* es nativa de la parte tropical de Sudamérica específicamente Ecuador, Perú y Colombia en donde su utilización data desde hace miles de años, prácticamente desde el inicio de la agricultura, los habitantes del planeta en esa época encontraron una planta que prestaba muchas utilidades y fue domesticada y empleándose cada día más en diversas actividades.

Es utilizada desde su descubrimiento para diversas actividades. El nombre algarrobo fue otorgado por los conquistadores españoles porque encontraban una gran similitud con las diversas especies de algarrobo europeo.

El algarrobo se empezó a utilizar como alimento para animales y para la preparación de medicinas naturales debido a que las personas en el pasado descubrieron las utilidades curativas que la especie poseía, con el paso de los años y el avance tecnológico se realizaron más estudios y no solo demostraron que era buena para tratar problemas en la salud sino también está compuesta por sustancias útiles en varios sectores industriales.

Actualmente esta planta es desaprovechada científicamente porque se emplea para otros usos como la alimentación de los animales domésticos o de granja, y el tronco del árbol se utiliza para crear carbón natural lo que ha conllevado a una deforestación masiva en muchas partes del Ecuador en donde crece esta especie vegetal.



El algarrobo *Prosopis Pallida* cuenta con una estructura de componentes con diversos usos tanto medicinales como en la industria, la mayoría de veces es desaprovechada, posee fibras, vitaminas, proteínas y carbohidratos, siendo una planta muy interesante para estudiar y aplicar métodos de extracción de sus principales compuestos esenciales.

Es por ello que se justifica este trabajo debido a la importancia del desarrollo de las habilidades para la innovación de procesos para mejorar las materias primas no convencionales y sus posibles usos en la aplicación a nivel industrial del algarrobo.

En el presente trabajo de investigación se plantea describir diferentes métodos de caracterización y extracción de los compuestos químicos. Además proponer mejoras en los métodos de extracción con la finalidad de mejorar el rendimiento con fines de uso industrial.

Para desarrollar el trabajo se han investigado diversos métodos y técnicas de caracterización y extracción a partir de fuentes bibliográficas extraídas de libros e internet para llevarlas a la práctica.

En este trabajo fueron empleadas técnicas como determinación de sustancias por métodos cuantitativos y cualitativos, el uso de medición de contenido de sustancias esenciales por colorimetría y titulación, además de esto se suman otros métodos que incluye el uso de espectrofotómetro, destilación por arrastre de vapor y extracción por solventes.

Los diversos ensayos realizados en el laboratorio sirven de mucha ayuda para el aprendizaje del campo experimental en las autoras del trabajo quienes han puesto mucho entusiasmo en el desarrollo de los mismos con el afán de demostrar que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí están capacitados para realizar análisis experimentales que contribuyan con el desarrollo académico de la institución y que sirvan de guías para docentes y estudiantes de otros establecimientos educativos del país.

## **2. Planteamiento del problema**

La industrialización y el uso de los derivados del algarrobo (*Prosopis Pallida*) es una de las actividades que ha ido aumentando considerablemente dentro de las industrias alimenticias y farmacéuticas.

En los últimos años, se han realizado varios estudios descubriendo nuevos compuestos con utilidades fascinantes, diseñando nuevos métodos de caracterización y extracción en especies vegetales que pasan desapercibidas y en ocasiones estas utilidades son desaprovechadas.

De acuerdo a nuestro perfil profesional somos capaces de dar una solución científica y técnica sobre la utilización de métodos de extracción de compuestos químicos del algarrobo (*Prosopis Pallida*) y su posibilidad de aplicación a nivel industrial, requiere que las investigadoras desarrollen las habilidades para aplicar estos métodos de extracción y realicen las debidas comparaciones con la intención de proponer mejoras para la optimización del rendimiento de los compuestos químicos del algarrobo.

### **2.1. Delimitación del problema**

La presente investigación se la realizará en la Universidad Técnica de Manabí del Cantón Portoviejo, Provincia de Manabí, durante el periodo de Julio a Octubre del año 2015.

### **2.2. Formulación del problema**

¿Son eficientes los métodos de extracción de los componentes esenciales del algarrobo especie *Prosopis Pallida* para su uso a nivel industrial?

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Describir diferentes métodos de extracción para los compuestos químicos provenientes de la especie vegetal “Algarrobo” (*Prosopis Pallida*) y su posible aplicación a nivel industrial.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar los compuestos químicos provenientes de la especie vegetal “Algarrobo” (*Prosopis Pallida*) y su posible aplicación a nivel industrial mediante referencias bibliográficas e información secundaria.
- Analizar los diferentes métodos de extracción propuestos para los compuestos químicos, provenientes del “Algarrobo” (*Prosopis Pallida*).
- Comparar los métodos de extracción propuestos para los compuestos químicos provenientes del “Algarrobo” para mejorar el rendimiento y su aplicación a nivel industrial.
- Proponer mejoras en los métodos de extracción para los compuestos químicos provenientes del “Algarrobo”, en base a mejorar el rendimiento con fines de uso industrial.

## CAPITULO II

### 4. Marco teórico

#### 4.1. El algarrobo (*Prosopis Pallida*)

##### 4.1.1. Origen

La especie *Prosopis Pallida* tiene su origen en los países de las zonas tropicales, se desarrolla principalmente en Ecuador, Colombia y Perú además de varios países del caribe. Por lo general crece en suelos secos. Su descubrimiento data de hace miles de años y su nombre proviene de la especie “*Ceratonia Siliqua*” más conocido como algarrobo europeo, esta denominación la acuñaron los españoles que conquistaron las tierras de Perú y Ecuador hace aproximadamente seis siglos.

##### 4.1.2. Familia vegetal

La familia vegetal de la especie *Prosopis Pallida* es la Mimosoideae, plantas leguminosas que consisten en un grupo de aproximadamente 45 especies de plantas leñosas conformada por árboles y arbustos. Existen varios tipos de algarrobo, entre ellas están; la *Prosopis Alba*, *Prosopis Nigra*, *Prosopis Rojasiana*, *Prosopis Tamarugo*, *Prosopis Velutina*, entre otras.

##### 4.1.3. Hábitat

La especie *Prosopis Pallida* se desarrolla en medios áridos de países del trópico y del caribe, también crece en zonas silvestres e incluso como arbusto en lugares con poca presencia de agua con suelos pocos fértiles y en donde no existen otras especies vegetales.

#### Variables climáticas

Los factores que afectan a esta especie son las bajas temperaturas menores a 5°C porque ocasionan la paralización de la circulación de la savia, sequías y nieblas. No tolera cambios bruscos de temperatura ellas se desarrollan en climas templados con tendencia al calor. El algarrobo tampoco soporta frecuentes inundaciones.

La fructificación de esta especie se produce entre los meses de septiembre y octubre hasta marzo y abril dependiendo de los cambios climáticos, en ese tiempo, las condiciones climáticas de temperatura promedio ronda entre 29 °C y 21° C la humedad relativa es de 76 % a 84% y la precipitación se produce solamente en verano de 100 mm aproximadamente.

### **Variables edáficas**

La especie vegetal *Prosopis Pallida* al ser de características rústicas crece sin problemas en prácticamente cualquier tipo de suelos, desde los más fértiles hasta los infértiles, con la diferencia que en los primeros nombrados se desarrollan como árboles de gran tamaño que puede llegar a medir hasta 20 metros, mientras que en los últimos su crecimiento se puede quedar en un simple arbusto.

El algarrobo se desarrolla mayoritariamente en zonas silvestres de países tropicales y del caribe en zonas semiáridas y áridas. Esta especie demanda mucho requerimiento de calidad de suelo por lo que en estas zonas es poco común encontrar otras especies vegetales.

### **Variables topográficas**

Esta especie tiene la capacidad de crecer en prácticamente cualquier tipo de suelo por lo que no es necesario crear un ambiente topográfico ideal para su desarrollo, la diferencia radica en el tamaño del árbol mientras más fértil sea el suelo más alto podrá llegar a medir.

#### **4.1.4. Descripción Botánica del Algarrobo**

Para conocer la descripción botánica del algarrobo *Prosopis Pallida* Perú Ecológico (2012) lo define con las siguientes características.

- Los arboles tienen un altura de entre 8 a 20 metros.
- Cuenta con un tronco irregular con un diámetro que posee una medida entre 80 cm y 2 metros.
- Posee ramas de abundante follaje de color verde en ocasiones colgantes que llegan al suelo.

- Sus hojas están compuestas por un peciolo muy corto y los foliolos en forma elíptica
- Su copa tiene forma de sombrilla muy amplia, sobrepasa los 15 m de diámetro.
- La parte externa de la corteza es de color pardo – gris oscuro de forma leñosa y en ocasiones tiene espina.
- La parte interna de la corteza es de color rojo y blanco con textura fibrosa.
- Las flores crecen en largas espigas axilares. Posee por lo general 5 pétalos
- Las flores son pequeñas de un color amarillo pálido.
- Los frutos son vainas de pulpa dulce y carnosas
- Las semillas tienen forma de ovoide y son planas de un color pardo o gris.
- El número de semillas por vainas va de entre 20 a 30 aproximadamente.
- Las raíces las posee de dos tipos de raíces bien diferenciadas. El primer tipo tiene una raíz polivalente, en ocasiones de una longitud que puede llegar a medir 60 m de profundidad. Las del segundo tipo son raíces laterales que llegan a medir hasta por 60 m por encima de la superficie. (Perú Ecológico 2012)

Además posee un valor nutricional, a través del fruto o vaina del algarrobo se detalla la siguiente composición en la Tabla 1:

Tabla 1. Valor nutricional del fruto del algarrobo

<b>ELEMENTO</b>	<b>%</b>
Humedad	10.4
Materia seca	89.6
Proteínas	9.8
Fibras	15.9
Extracto etéreo	1.1
Ext. A nitrogenado	59.4
Ceniza	3.3
Calcio	0.5
Fósforo	0.2

**Fuente:** (Perú Ecológico 2012)

**Elaborado por:** Bermello Stephany, García Dina.

## 4.2. Compuestos químicos del algarrobo

### 4.2.1. Características bromatológicas.

El algarrobo posee una composición nutricional muy importante detallada en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición Nutricional

Componente	Contenido por 100 gr de pulpa
Agua	14,6 g
Proteína	5,9 g
Grasa	2,2 g
Carbohidratos totales	75,3 g
Fibra	13,4 g
Calcio	28 mg
Fósforo	143 mg
Hierro	3,2 mg
A caroteno	Trazas
Tiamina	0,23 mg
Riboflavina	0,14 mg
Niacina	4,1 mg
Ácido ascórbico	11 mg

**Fuente:** (Alzate Tamayo, Arteaga Gonzalez y Jaramillo Garcés 2008)

**Elaborado por:** Bermello Stephany, García Dina.

### 4.2.2. Características químicas

El algarrobo posee compuestos biológicamente activos en su composición se pueden encontrar diversos tipos de elementos y componentes esenciales; taninos, flavonoides, fenoles y terpenos. Las características químicas de la *Prosopis Pallida* son muy parecidas a las de otros árboles tropicales porque al igual que estos producen sustancias químicas como resinas y otras como nombra Alzate Tamayo, et al., (2008) ácido copálico, delta-cadoneno, cariofilina y alfa-humuleno utilizadas para fines

medicinales porque poseen propiedades antiinflamatorias, antifúngica, antitumoral y antibacterial.

#### 4.2.3. Farmacología y actividad biológica

En lo que respecta a las propiedades farmacológicas y actividad biológica la *Prosopis Pallida* posee una serie de sustancias y componentes que presentan ventajas sobre problemas de carácter sintomáticos. La harina de algarrobo ha sido estudiada minuciosamente e indicada para tratar problemas de diarreas y vómitos en niños y lactantes, también es utilizada para ayudar a mejorar la digestión y se usa en tratamientos de intolerancia al gluten y enfermedades como la enterocolitis ocasionada por la salmonella spp.

“La corteza es astringente; contiene taninos con propiedades medicinales; el fruto es laxante; las semillas, capaces de producir abundante mucílago, por lo que se emplean así mismo como laxantes en preparaciones farmacéuticas industrializadas. Las hojas producen una resina tóxica con efectos repelentes sobre insectos comedores de hojas.” (Alzate Tamayo, Arteaga Gonzalez y Jaramillo Garcés 2008)

En la Tabla 3 se describen algunas propiedades herbolarias y medicinales del algarrobo

Tabla 3. Propiedades herbolarias y medicinales del algarrobo

<b>Acción principal</b>	<b>Otras acciones</b>	<b>Dosificación estandarización</b>
Mata mohos y levaduras	Reduce espasmos	Corteza: Decocción: ½ a 1 taza, 1-3 veces al día.
Mata Cándida	Descongestiona los bronquios	Tintura; 1 a 3 ml dos veces al día
Incrementa la energía	Seca secreciones	
Mata bacterias	Incrementa la orina	
Estimula la digestión	Protege el hígado	



Mediante laxante	Elimina parásitos intestinales	
Elimina radicales libres		

**Fuente:** (Alzate Tamayo, Arteaga Gonzalez y Jaramillo Garcés 2008)

**Elaborado por:** Bermello Stephany, García Dina.

### **4.3. Harina de algarroba**

En la actualidad la harina de algarroba es utilizada como alimento para animales domésticos o de granja, también se emplea en la alimentación humana luego de pasar por una serie de procesos como el tostado, deshidratación y molienda fina obteniendo un producto físicamente similar y con características parecidas al del polvo de cacao.

#### **4.3.1. Composición**

La harina de algarrobo está compuesta principalmente de azúcares, aproximadamente entre un 40 y 50 % está conformada fundamentalmente de fructosa, glucosa y sacarosa.

“También tiene un 5% de proteínas y muchos minerales: hierro, calcio, magnesio, zinc, silicio, fósforo y mucho potasio, lo que unido a su bajo contenido de sodio contribuye a balancear nuestra dieta tan rica en sodio. Además, al no poseer gluten como sucede con otras harinas, resulta apta para celíacos.” (Amics-Terra 2014)

Uno de los componentes más destacados en el algarrobo son las fibras, estas están conformadas fundamentalmente por pectina y lignina, son beneficiosas para la digestión por ello su utilización en tratamientos médicos que afectan a la flora intestinal. La fibras además disminuyen la cantidad de bacterias e incrementan los lacto bacilos.

No solo son utilizadas en el ámbito médico, en el campo culinario forma parte de un sinnúmero de recetas, se emplea en la preparación de helados, flanes, bizcochos, salsas, entre otros.

Otra característica de la harina de algarrobo es que se puede obtener chocolate sin teobromina y cafeína, por esta razón es una alternativa más saludable y recomendable que el chocolate obtenido del cacao.

#### **4.4. Ventajas del algarrobo**

El algarrobo es una buena alternativa para los que quieren evitar los altos contenidos de grasa y azúcares que posee el chocolate por las características mostradas a continuación.

##### **4.4.1. Dulce de origen natural**

Su estructura posee elevados niveles de azúcares y carbohidratos por lo que esta “no requiere azúcar porque naturalmente ya es de sabor dulce (50% de hidratos de carbono, sacarosa, glucosa y fructosa), de ahí que también se la emplee para mejorar el aroma y el sabor de numerosos productos alimenticios.” (Amics-Terra 2014)

##### **4.4.2. Vitaminas**

El algarrobo posee un contenido rico en vitaminas A o caroteno, vitaminas del grupo B como la tiamina o B1, la riboflavina o B2, la niacina o B3.

##### **4.4.3. Minerales**

El algarrobo *Prosopis Pallida* posee como minerales elementos esenciales como potasio, fósforo, magnesio, calcio, silicio y hierro y su consumo para los seres humanos ayuda a fortalecer el organismo.

##### **4.4.4. Menor contenido graso**

El consumo del algarrobo como reemplazante del chocolate es muy recomendable porque posee un contenido graso menor al 2% y una cantidad de proteínas entre 8 y 9.8%

“Las semillas de algarroba son muy ricas en mucílagos, un tipo de fibra soluble que facilita la digestión y alivia las molestias digestivas. En concreto, los mucílagos (sustancia viscosa) ejercen una acción favorable contra la inflamación de la mucosa

digestiva, lo que beneficia a quienes tienen gastritis, dispepsia (digestión pesada), pirosis o ardor, diarrea y otras afecciones digestivas similares.” (Estética y Salud 2010)

#### **4.4.5. Usos medicinales**

La pulpa de los algarrobos posee grandes cantidades de azúcares, además posee en su estructura; taninos almidón, proteínas, pectina, grasas, celulosas y sales minerales muy importantes para ser utilizados en el campo de la medicina.

##### **Antidiarreico**

“Los taninos de la algarroba, al no ser solubles en agua no unen la proteínas como hacen otros taninos pero sí se aglomeran con las toxinas (y consecuentemente las desactivan) e inhiben el crecimiento de bacterias, ambas características son útiles en casos de diarrea.” (Amics-Terra 2014).

##### **Laxante**

Su uso como laxante es bien conocido debido a que sus semillas y las vainas verdes contienen mucilagos, fibras solubles de característica viscosa que ayudan a tratar casos de estreñimiento.

##### **Gastroenteritis**

“Las semillas incrustadas en las algarrobas, llamadas garrofín, son ricas en mucilagos y con ellas se puede obtener una goma que en el estómago forma un gel viscoso que por absorción de los líquidos del estómago puede interferir con el reflujo de ácido en el esófago.” (Amics-Terra 2014)

##### **Obesidad**

Es beneficiosa para evitar la obesidad y en las personas que la poseen ayuda a reducir peso porque proporciona una sensación de saciedad, por esta razón es utilizada como tratamiento de adelgazamiento.

## **Estimulante de riñones**

El algarrobo también ayuda a tratar problemas renales al ser utilizado en una mezcla con jugo de arándano actúa como estimulante para los riñones, aumentando los niveles de la orina.

### **4.5. Caracterización química del algarrobo y posibles métodos de extracción.**

El algarrobo es una planta que presenta diferentes utilidades y para poder hacer uso de estas cualidades es necesario realizar una caracterización química e implantar los posibles métodos de extracción que posteriormente serán llevados a la práctica para continuar con el desarrollo del trabajo de investigación.

A continuación se detallan los componentes y características químicas de la *Prosopis Pallida* y sus métodos de determinación, análisis y extracción:

#### **4.5.1. Pasos previos a la caracterización y extracción de componentes esenciales.**

Como materia prima se cuenta con el fruto de algarrobo (vainas y semillas) estos son recogidos a mano eligiendo los frutos preferentemente enteros y sanos.

- El siguiente paso que se debe seguir es el de cepillado y lavado para contar con un fruto limpio que faciliten los pasos de análisis posteriores.
- Se continúa con un secado a realizar en una estufa de convección de aire durante 24 horas a 80°C con el propósito de disminuir el porcentaje de humedad de los frutos para que se vuelvan quebradizos y fáciles de moler.
- La molienda es la siguiente, etapa esta se debe hacer con un molino trillador a martillos.
- El producto obtenido de la molienda se debe pasar por un tamizado.
- Una vez realizados estos procesos físicos necesarios, la materia prima resultante de estas etapas ya está apta para poder hacer los análisis y aplicar los métodos de extracción.

#### **4.5.2. Métodos y técnicas para caracterización y extracción de componentes esenciales y sus usos industriales.**

EL algarrobo posee varios elementos y compuestos químicos en su estructura que al ser extraídos se les pueden dar muchas utilidades en diferentes campos industriales, las fibras, las proteínas, taninos, hemaglutinina, lípidos entre otros, se extraen con diferentes finalidades.

##### **Elementos esenciales**

Los elementos denominados esenciales son aquellos que sirven de aporte nutricional indispensables para los organismos vivos; hidrogeno, oxigeno, nitrógeno, carbono, azufre, calcio, potasio, sodio, magnesio, hierro entre otros, se realizan mediante espectroscopia infrarroja.

##### **Aminoácidos**

El algarrobo posee en su composición alrededor de un 9.8% de proteínas donde se destaca el triptófano que es un aminoácido esencial para la nutrición humana. El método de extracción consiste en la uso de etanol al 70%, en frio y con agitación durante 12 horas.

##### **Humedad**

Por secado en estufa de convección de aire a 70°C, la medición del peso se debe hacer en una balanza digital para tener mayor precisión en los resultados.

1. Desechar la placa Petri con su tapa en la estufa a 105 °C o 106 °C por un periodo de tiempo de 2 horas
2. Enfriar y pesar determinando así la tara inicial.
3. Pesar 5 g de la muestra en la placa ya tarada anteriormente.
4. Colocar la capsula con la muestra en la estufa a una temperatura de 103° C hasta obtener un peso constante por un lapso de tiempo de 4 horas.
5. Colocar en el desecador por 45 minutos y pesar.

6. Secar por un periodo adicional de una hora. “La diferencia entre los resultados de dos determinaciones y sobre la misma muestra no debe exceder de 0,2%.” (Flores 2009)

### **Azucares reductores totales**

Se tienen dos métodos; el primero consiste en la extracción de “ART” mediante hidrólisis “química” usando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,25 % v/v, NaOH 1,25 % p/v y H<sub>2</sub>O respectivamente en un sistema de decocción por 30 minutos.

El segundo método en extracción de “ART” mediante hidrólisis “químico-física” usando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,25 % v/v, NaOH 1,25 % p/v y H<sub>2</sub>O respectivamente en un sistema de autoclave a 120°C por 30 minutos.

### **Proteína**

“La totalidad del nitrógeno de la muestra está en forma proteica, aún cuando la realidad es que, según la naturaleza del producto, una fracción considerable del nitrógeno procede de otros compuestos nitrogenados (bases púricas y pirimidínicas, creatina y creatinina, urea, amoníaco, etc.), por ello se denomina “proteína bruta” o “proteína total” a la obtenida por este método. Con este análisis, sin embargo, no se determina el nitrógeno nítrico, el cianhídrico, el de la hidracina, el de grupos azo y el nitrógeno de un núcleo cíclico.” (García Martínez y Fernández Segovia 2012)

Un método muy utilizado para la extracción de las proteínas es el de precipitación con Sulfato de Amonio que consiste en obtener un extracto de proteínas provenientes de una muestra de *Prosopis Pallida*.

La técnica consiste en la adición de sulfato de amonio en la muestra concentrada en una solución acuosa de baja salinidad de tal manera que al aumentar la concentración de sales en la solución se debe adicionar lentamente el sulfato de amonio, la saturación ira de 20 a 90 %. “La proteína comienza a ceder intercambios iónicos con los iones amonio y sulfato, y sustituye los sitios de intercambio que compartía con el agua y pasado un tiempo de esta manera, la proteína disminuye su solubilidad y “precipita”. (Vargas 2006)

“Se puede demostrar la importancia de los recursos de proteínas por ejemplo en la industria pesquera con su creciente número de piscifactorías reflejando la explotación industrial de animales. El contenido de proteínas en los piensos consta en mayor parte de harina de pescado procedente de las poblaciones de peces silvestres.” (Mülembau 2013)

Las semillas de la especie *Prosopis Pallida* está conformado en alrededor del 9.8% de proteínas y cuyo uso está destinado principalmente para la producción de “varias fórmulas de piensos de cría en la industria pesquera y avícola, sino también es de interés especial para aumentar el valor nutritivo de platos precocidos” (Mülembau 2013)

### **Lípidos**

La cuantificación se realiza por el método Soxhlet de la siguiente manera:

- Colocar un balón de fondo plano con perlas de ebullición en la estufa a una temperatura de 100 °C durante un periodo de 2 horas.
- Pesar 5 g de muestra ubicándolos en un cartucho de celulosa, tapar con un algodón sin apretar contra la muestra y alojarlo en el extractor.
- Conectar el extractor con el cartucho al balón fondo plano.
- Conectar el extractor y el balón al refrigerante tomando la precaución de no poner grasa en las uniones o conexiones.
- Agregar dos cargas del disolvente (éter etílico) por el refrigerante y calentar el balón a ebullición suave.
- Dejar caer una gota de la descarga sobre papel filtro para verificar si se han extraído las grasas.
- Cuando se haya extraído toda la grasa, quitar el cartucho con la muestra desengrasada y seguir calentando hasta la eliminación del disolvente
- Recuperar el disolvente antes de que se descargue.
- Quitar el balón y secar el extracto en la estufa a 100 ° C por aproximadamente 30 minutos, enfriar y pesar.
- Calcular el porcentaje de grasa.

Para extraer los lípidos presentes en el algarrobo se utiliza el método de Soxhlet que consiste en una extracción semicontinuo con un disolvente orgánico de funcionamiento continuo como el hexano en una relación de 1:10 durante 12 horas.

“El disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso.” (UNAM 2012)

La cantidad de grasa se determina por diferencia de peso

“Sin duda el uso industrial de los lípidos es en la fabricación de aceites, lubricantes, grasas, ceras, etc., ya sean para consumo humano o bien para uso industrial. También, a nivel de consumo humano se les utilizan en la fabricación de medicamentos y complementos vitamínicos: los aceites vegetales son ricos en vitamina E.” (Profesor en Línea 2008)

### **Minerales**

Por espectrofotometría de absorción sobre las muestras calcinadas en mufla a 600°C por 5 horas. Este método consiste en la medición de las especies atómicas por su absorción a una longitud de onda particular. La especie atómica se logra por atomización de la muestra, siendo los distintos procedimientos utilizados para llegar al estado fundamental del átomo lo que diferencia las técnicas y accesorios usados.

### **Cenizas**

“El agua y sustancias volátiles son evaporadas, mientras que las sustancias orgánicas son incineradas en presencia del oxígeno del aire para producir CO<sub>2</sub> y óxido de nitrógeno. La mayoría de los minerales son convertidos a óxidos, sulfato, fosfato, cloruro y silicato. Los elementos tales como: Fe, Se, Pb y As, pueden volatilizarse parcialmente con este procedimiento, es por ello que otros métodos se deben usar como paso preliminar para análisis elemental específico.” (Peña Álvarez 2011)

### **Azúcares totales**

Cuantificación por el método volumétrico de Fehling-Causse-Bonans, previa hidrólisis ácida



En un vaso de 300 ml se disuelven 9.5 g de sacarosa en unos 80 ml de agua, se añaden 5 ml de HCl concentrado y se hierve la mezcla durante 2 minutos, o se deja en reposo durante tres días. Aforar a 250 ml. Neutralizar con NaOH al 10% hasta pH 7 y se enrasa con agua. La solución contiene 2 mg de azúcar invertido/ ml. Estandarización de Fehling: La disolución se valora según el método de Lane- Eynon, empleando 10 ml de Fehling (5ml de Fehling A + 5ml de Fehling B) y siguiendo el mismo procedimiento que para azúcares totales. (Ortiz Romero 2012)

### **Carbohidratos totales**

Existen varios métodos para determinar carbohidratos totales pero el más sencillo es por cálculo restando a 100, la suma de los porcentajes de humedad, lípidos, proteína y cenizas (Código Alimentario Argentino, 1998) (Yumpu 2000)

### **Fibras**

Se realiza el análisis con base en el método 985.29 de la AOAC siguiendo los siguientes pasos:

- Se realiza pesando 1g de la muestra, en una balanza analítica, luego se lleva a un beaker de 250 ml y se adiciona una solución buffer de fosfato 0.08M, pH 6.02 en relación muestra: buffer de 1: 50. A esta solución se le adiciona 100µL de  $\alpha$ Amilasa de *Bacillus licheniformis*, de (50mg/ml).
- Se cubre con papel aluminio y se lleva a un baño maría durante 15 minutos a una temperatura de 95 °C.
- Se retira del baño y se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Se mide el pH, se ajusta pH entre 7.5 y 7.6 con solución de NaOH 0.2685 N, se adiciona 100µL de Proteasa de *Bacillus licheniformis* de (50mg/ml), preparada con solución buffer de fosfato 0.08M, pH 6.02; se cubre el vaso de precipitado con papel aluminio, se lleva a baño maría durante 30 min con agitación constante y a 60°C. Después de este tiempo se retira del baño, se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Se mide el pH y se ajusta entre 4-4.5 usando una solución de HCL 0.3486 N, se adiciona 100µL de Amilogucosidasa de *Aspergillus niger*, de (50mg/ml).

- Se cubre el beaker con papel aluminio, se lleva a un baño maría durante 30 min con agitación a 60°C.
- Se retira del baño dejando enfriar a temperatura ambiente.

La celulosa forma parte de todas las fibras vegetales a este componente se le da mucha importancia a nivel industrial ya que es la materia prima del papel.

Para la elaboración del papel el proceso empieza con el descortezado y triturado de la madera, esta etapa se desarrolla en un equipo conformado por tambores rotatorios cilíndricos en donde los troncos se golpean contra las paredes u otros troncos, de tal manera que a consecuencia del impacto se separa la corteza de los troncos.

Luego del proceso de descortezado se procede al tamizado en donde se debe controlar el espesor definido como el parámetro crítico en esta etapa. A continuación se realiza la cocción en donde las astillas se impregnan correctamente con las sustancias reactantes.

Posteriormente se procede a la elaboración de la paste de celulosa en donde se disuelve la lignina. Esta etapa se realiza mediante procesos químicos o semiquímicos además de mecánicos, esto queda a consideración del ingeniero que diseña el proceso. El propósito de esta parte del proceso es generar tipos de pastas papeleras, para la fabricación de diversos tipos de papel.

Además de su uso como materia prima para la elaboración del papel las fibras vegetales se utilizan en la industria alimenticia debido a sus múltiples beneficios, uno de ellos es combatir el estreñimiento.

“Se distinguen dos tipos: la fibra insoluble como la celulosa, lignina, y algunas hemicelulosas, abundantes en los cereales y la fibra soluble como las gomas y pectinas contenidas sobre todo en legumbres, verduras y frutas (gomas, pectinas...)” (Sabor Mediterraneo 2013)

La fibra posee grandes beneficios en la salud “equilibra el nivel de colesterol, previene el cáncer de colon, combate las subidas de glucosa en sangre y también ayuda a regular el transito intestinal.” (Sabor Mediterraneo 2013)

## **Taninos**

Cuantificación por el método volumétrico de la siguiente manera:

- Pesar 2,5 gramos de la muestra a analizar
- En un matraz Erlenmeyer colocar la muestra y adicionar 200 mL de agua destilada mezclando hasta homogenizar
- Alojarse la mezcla en una estufa hasta su punto de ebullición durante aproximadamente 4 horas.
- Una vez transcurrido las 4 horas se extrae la mezcla de la estufa y se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Se procede a filtrar.
- A continuación se toman 25 mL de la mezcla y se añaden 20 mL del indicador y se procede a diluir
- Se agregan 750 mL de agua destilada.
- Posteriormente se procede a titular con permanganato de potasio hasta que la muestra obtenga un color amarillo. (ALNICOLSA del Perú S.A.C s.f.)

Para extraer los lípidos se realiza con la ayuda de una solución acuosa de sulfito de sodio al 4% siguiendo los pasos a continuación:

- Colocar 50g de corteza molida y tamizada en un beacker de 600 ml.
- Agregar 250 ml de solución acuosa de sulfito de sodio al 4%.
- Mantener la muestra en calentamiento con agitación a una temperatura no mayor de 700 C durante 45 minutos Filtrar al vacío utilizando como medio de filtración manta.
- Colocar el filtrado en un beacker y proceder a evaporación lenta hasta sequedad a una temperatura no mayor de 700 C.
- Pesar y almacenar el extracto obtenido en recipientes color ámbar herméticos. (Marroquín González 2008)

Los taninos tienen amplias utilidades a nivel industrial. Se utilizan por lo general en la fabricación de tintas, también en el curtido de pieles debido a su

propiedad de convertir proteínas en productos con alta resistividad a la descomposición

Los taninos también son utilizados en la industria textil debido a su gran capacidad de reacción con sales férricas, en la aplicación de tintes en tejidos, participa en la elaboración de papel y como coagulante de gomas.

En lo que respecta al área alimenticia, los taninos son empleados en la elaboración de vinos tintos, específicamente para darle el característico sabor astringente, también se utiliza en la producción de cacao, té y café.

En el campo de la medicina son empleados para tratar problemas gastrointestinales, diarreas, vómito. Además por su acción astringente sirve para cicatrizar, también como aislante y protectora de la piel reduciendo problemas de irritación y dolores por quemaduras u otros sucesos. Otras propiedades medicinales son tonificante, antiséptica y hemostática.

### **Fenoles**

Los fenoles se determinan “por espectrofotometría A 765 nm (Spectronic 1201, EE.UU), usando reactivo de Folin Ciocalteu”. (Abel González Galán 2008)

La extracción de los fenoles fue realizada con metanol 50 mL / 100 mL en reflujo por tres veces consecutivas. Los extractos de cada extracción fueron reunidos, evaporados hasta volumen de 25 mL y sometidos a determinación de polifenoles según Folin-Denis, usando ácido tánico como patrón” (Abel González Galán 2008)

El fenol se usa en la producción o manufactura de explosivos, fertilizantes, coke, gas de alumbrado, negro de humo, pinturas, removedores de pintura, caucho, materiales de asbesto, preservadores de madera, resinas sintéticas, textiles, medicamentos, preparados farmacéuticos, perfumes, baquelitas y otros plásticos (resinas de fenol-formaldehído). El fenol se usa también como desinfectante, en la industria del papel, cuero, jabón, juguetes y productos agrícolas. (Textos científicos 2006)

Se emplea para la fabricación de:

- Papel
- Fertilizantes
- Desinfectantes

Se utilizan como manipuladores de:

- Alquitrán de hulla
- Explosivos
- Jabón
- herbicidas
- Colorantes

Sirve como:

- Recuperadores de caucho
- Preservadores de madera
- Sintetizadores de sustancias químicas orgánicas

### **Hemaglutinina**

Las hemaglutininas se determinan por el método de diluciones seriadas empleando eritrocitos de conejo, sometidos a tres lavados con solución de NaCl al 0.85% y llevados a una concentración final del 4% (v/v). La lectura de aglutinación se realizó después de una hora a partir de la adición de los glóbulos a los diferentes pozos que contenían las diluciones del extracto de hemaglutininas.

Para la extracción de este compuesto se tienen en cuenta dos procedimientos que se describen a continuación:

#### **Procedimiento 1**

Para el procedimiento la extracción de las hemaglutinas procedentes de las harinas de algarrobo se realiza empleando una solución salina, a temperatura ambiente entre 20 °C y 25 °C adicionando una suspensión de eritrocitos 2% (sangre humana A, Rh+), siendo los resultados expresados en número de unidades hemaglutinantes (UH), que es calculado a partir del inverso del título de la mayor dilución, en la base 2, que

aun presentó aglutinación visible. Por ejemplo: considerando una dilución 24, el título es igual a 1/16, y el volumen de la muestra utilizado en el ensayo de 100 $\mu$ L, la UH es de 16 UH / 100  $\mu$ l” (Abel González Galán 2008)

## **Procedimiento 2**

“El extracto se obtuvo de una muestra de *E. cyclocarpum* finamente molida y sin grasa. Ésta fue suspendida en solución salina al 1% para realizar la extracción con agitación mecánica durante 2h y se centrifugó el extracto a 1400rpm durante 15min para eliminar el sobrenadante. En un matraz con solución anticoagulante se añadió sangre de hámster que fue trasvasada a tubos de centrifuga para ser lavada con solución salina y centrifugada a 1500rpm. A cada 10ml de suspensión de glóbulos rojos al 4% se agregó 1ml de solución salina con tripsina 0,1% y se incubó durante 1h a 37°C. Una vez que se completó la incubación, la solución fue centrifugada nuevamente y se eliminó el sobrenadante. En seguida se tomó 1ml de la suspensión de glóbulos rojos ya sensibilizados, se le agregaron 4ml de solución salina 0,85% y la mezcla se leyó en el espectrofotómetro a 620nm. Si la lectura obtenida era >25% de transmitancia, se realizó la dilución necesaria”. (Cano Morales y Saravia Molina 2008)

Tienen gran utilidad en varias áreas como: Genética, Medicina e Inmunología, etc., y como ya se mencionó su utilidad está basada en la propiedad que presentan de combinarse con glicoconjugados de la superficie celular produciendo aglutinación.

### Propiedades mitogénicas

- Evaluación de la producción de citosinas (interferón e interleucinas).
- Determinación de fenómenos de la respuesta inmune (inmunosupresión).
- La relación que existe entre virus patógenos y su resistencia a ellos.
- Evaluación de terapias antirretrovirales.
- Efectos citotóxicos de algunas drogas en células mononucleares.
- Efectos de la nutrición en la proliferación de linfocitos.
- Inducción de genes en linfocitos.
- La detección de anormalidades cromosómicas.

Caracterización e identificación de grupos sanguíneos.

Podrían en el futuro utilizarse como vacunas.

- Actúan contra un amplio rango de microorganismos.
- Estimularían inmunidad a varios niveles del ciclo de los microorganismos patógenos
- Tienen buena potencia contra microorganismos bacterianos.

### **Valor energético**

Por cálculo multiplicando los gramos de proteína, carbohidratos (carbohidratos totales menos fibra cruda) y grasa por sus factores (4 kcal/ g de proteína, 4 kcal/g de carbohidratos y 9 kcal/g de grasa) y suma de los productos (Yumpu 2000)

### **Nitrato**

“El método utilizado en la determinación del nitrato se basa en la formación de un complejo por la nitración del ácido salicílico sobre condiciones altamente ácidas, el cual puede ser leído en espectrofotómetro a 410 nm en soluciones básicas ( $\text{pH} > 12$ ), y la absorbancia del material es directamente proporcional a la cantidad de nitrato presente sin la ocurrencia de la interferencia de iones amonio, nitrito o cloro.” (Abel González Galán 2008)

**Color:** La determinación por color **se hace** por medición con colorímetro en donde el valor numérico asignado al color analizado se adecua a la clasificación en la escala de colores.

## CAPÍTULO III

### 5. Hipótesis

Los métodos de extracción para los compuestos químicos provenientes de la especie vegetal “Algarrobo” (*Prosopis Pallida*) posibilitan su aplicación a nivel industrial.

### 6. Variables y su Operacionalización

#### 6.1. Variable independiente

Métodos de Extracción para los compuestos químicos del “Algarrobo” (*Prosopis Pallida*).

#### 6.2. Variable dependiente

Rendimiento y comparación de los extractos para su aplicación a nivel industrial.



### 6.3. Operacionalización de las variables

**VARIABLE INDEPENDIENTE:** Métodos de extracción para los compuestos químicos del “Algarrobo” (*Prosopis Pallida*).

CONCEPTO	DIMENSIÓN O CATEGORÍA	INDICADOR	ÍNDICE	INSTRUMENTO
Métodos que facilitan la extracción de los compuestos químicos del Algarrobo ( <i>Prosopis Pallida</i> ).	Proceso de extracción de los compuestos químicos del Algarrobo ( <i>Prosopis Pallida</i> ).	<p>Actividades de proceso recolección del algarrobo.</p> <p>Tiempo de dedicación en la extracción de los compuestos químicos.</p> <p>Uso de métodos de extracción de compuestos químicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desarrollo del proceso de extracción mediante la experimentación.</li> <li>▪ Análisis del proceso de extracción de los compuestos químicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma de muestra.</li> <li>• Análisis químicos para la extracción de los compuestos químicos del algarrobo (<i>Prosopis Pallida</i>)</li> <li>• Análisis estadístico.</li> </ul>

**VARIABLE DEPENDIENTE:** Rendimiento y comparación de los extractos para su aplicación a nivel industrial.

CONCEPTO	DIMENSIÓN O CATEGORÍA	INDICADOR	ÍNDICE	INSTRUMENTO
<p>La aplicación a nivel industrial es la obtención de los derivados y productos de las materias primas, en este caso del algarrobo (<i>Prosopis Pallida</i>)</p>	<p>Habilidades para la elaboración de productos derivados del algarrobo.</p>	<p>Indagación sobre proceso de industrialización del algarrobo.</p> <p>Actividades de proceso industrial.</p> <p>Uso de técnicas de industrialización</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desarrollo de las habilidades industriales mediante la experimentación.</li> <li>▪ Necesidad de incorporar habilidades innovadoras como un método de industrialización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización de los métodos utilizados para la extracción de los compuestos del algarrobo.</li> <li>• Definir el método adecuado para la aplicación del algarrobo en el campo industrial.</li> </ul>

#### **6.4. Comprobación cualitativa de la hipótesis**

Al inicio del trabajo se planteó la siguiente hipótesis:

“Los métodos de extracción para los compuestos químicos provenientes de la especie vegetal “Algarrobo” (*Prosopis Pallida*) posibilitan su aplicación a nivel industrial”.

Una vez aplicados los métodos de caracterización y extracción para los diversos componentes de la especie *Prosopis Pallida* se determina que es posible su aplicación a niveles industriales porque el algarrobo presenta muchas utilidades que los ingenieros en las diferentes áreas de la industria deben aprovechar.

No solo a nivel industrial es oportuna su uso sino también a nivel medicinal e incluso en el sector alimenticio por esas razones y tomando en cuenta que los métodos utilizados demostraron ser factibles y de buen rendimiento se determina que la hipótesis se ACEPTA.

## **7. Diseño metodológico**

### **7.1. Tipo de diseño**

La presente investigación fue de tipo experimental porque se aplicaron métodos para la caracterización y extracción de los compuestos químicos de la especie vegetal algarrobo (*Prosopis Pallida*), estos métodos fueron: Determinación cualitativa por colorimetría, determinación cuantitativa por titulación, determinación cuantitativa por espectrofotometría, extracción por lixiviación, extracción por solventes y extracción por arrastre de vapor.

#### **Propositiva**

Después de los análisis respectivos se propuso una mejora en la extracción para su posible aplicación a nivel industrial.

#### **De campo**

Porque permitió estudiar una situación para el diagnóstico de las necesidades y problemas a efectos de conocer su realidad para establecer lineamientos alternativos.

#### **Bibliográfica – Documental**

Porque se consultó información extraída a partir de fuentes de bases secundarias que brinden datos de las características químicas y físicas que posee el algarrobo de la especie *Prosopis Pallida* además de obtener mayores conocimientos sobre los métodos de extracción más utilizados actualmente y las propiedades y utilidades que posee esta planta.

### **7.2. Métodos**

Los métodos con los cuáles se desarrollará la presente investigación son:

- Métodos de análisis se realizarán con el fin de determinar los compuestos químicos que contengan la especie vegetal algarrobo (*Prosopis padilla*).
- Métodos cuantitativos; titulación para determinar de taninos, espectrofotometría para la determinación de fenoles
- Métodos cualitativos; colorimetría para determinación de taninos.

- Métodos de extracción de componentes esenciales; extracción por lixiviación de fenoles
- Métodos de extracción por solventes
- Métodos de extracción por arrastre de vapor

### **7.3. Técnicas**

Las técnicas que se utilizaron para la determinación y extracción de los compuestos esenciales del algarrobo fueron:

#### **7.3.1. Determinación cualitativa por colorimetría**

La determinación por colorimetría es un proceso sencillo y rápido que consiste en la comparación de resultados con una tabla colorimétrica, de esta manera al establecer la semejanza con un color de la tabla y el del resultado obtenido se indica cual es valor o las cantidades del compuesto a dilucidar presente en la muestra de manera cualitativa. Esta técnica fue empleada para la determinación de Taninos en una muestra de *Prosopis Pallida* y se realizó dentro del laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas.

#### **Materiales**

- Balanza digital.
- Matraz Erlenmeyer.
- Vasos de precipitación.
- Pipeta.
- Pera de succión.

#### **Sustancias y reactivos**

- Agua destilada.
- Solución de ferricianuro de potasio 0.004 M.
- Solución de cloruro férrico 0.008 M.
- Ácido clorhídrico 0.008 M.

## Procedimiento

- Se pesaron 0.7 g de la muestra y se colocó en un matraz.
- A dicho matraz se añadieron 200 mL de la solución de ferricianuro de potasio 0.004 M y se agitó hasta homogenizar.
- Posteriormente se agregaron 15 ml de solución de cloruro férrico 0.008 M en el ácido clorhídrico 0.008 M
- Por último se observaron los cambios de coloración considerando la tabla colorimétrica mostrada a continuación:

Tabla 4. Colorimetría para la determinación cualitativa de taninos

Color	Indicador
Verde Claro	Baja o nula cantidad de tanino
Verde oscuro	Contenido medio de tanino
Azul	Alto contenido de tanino

Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

### 7.3.2. Determinación cuantitativa por titulación

Esta técnica consiste en tomar una muestra y luego de hacer las diluciones respectivas o los procesos correspondientes previos a su determinación se le añade un compuesto o elemento que servirá como indicador, posteriormente se utiliza un titulante ubicado en una bureta sujeta a un soporte universal y con la muestra en un matraz se empieza a añadir gota a gota el titulante que servirá para identificar las cantidades del componente analizado una vez que la muestra cambie su coloración, luego se realiza la determinación cuantitativa mediante cálculos.

Esta técnica fue utilizada en la determinación de taninos por titulación, utilizando como titulante el permanganato de potasio 0.1N y como indicador el Índigo carmín.

### **Materiales.**

- Balanza digital
- Matraz Erlenmeyer
- Vasos de precipitación
- Soporte universal
- Bureta

### **Sustancias y reactivos.**

- Agua destilada
- Índigo carmín
- Permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) 0.1 N
- Muestra de *Prosopis Pallida*.

### **Procedimiento general.**

- En un vaso de precipitación se colocaron 400 ml de agua destilada.
- Se añadieron 5 g de muestra y se calentó a  $90^\circ \text{C}$  por 30 minutos.
- Una vez terminada la etapa anterior se preparó la muestra a titular, con el indicador índigo carmín y agua destilada
- Se tituló con permanganato de potasio Permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) 0.1 N
- La coloración debe cambiar de morado oscuro a amarillo.
- Para determinar la cantidad de taninos por este método se mide la cantidad consumida del titulante y se hace la siguiente relación

$$1 \text{ ml de } (\text{KMnO}_4) 0.1 \text{ N consumido} = 4.20 \text{ mg de Taninos}$$

### **7.3.3. Determinación cuantitativa de fenoles por espectrofotometría**

La espectrofotometría es definida como la cuantificación de la cantidad de energía radiante absorbida en un sistema químico, para medirla se utiliza un espectrofotómetro. La energía medida está en función de la longitud de onda de radiación, la espectrofotometría es utilizada para la determinación de compuestos esenciales dentro de una sustancia o solución preparada según la técnica impuesta previo a su caracterización.

La espectrofotometría se utilizó en la determinación de fenoles diluidos en seis solventes; Éter, Etanol, Agua, Agua-Etanol, Hexano y Ácido gálico a distintas concentraciones; 0.1, 0.25, 0.50, 0.75 y 1, utilizando una solución de 1mL de cloruro férrico en 25 ml de agua como blanco o patrón.

#### **Materiales.**

- Espectrofotómetro.
- Balanza digital.
- Matraces Erlenmeyer.
- Matraz Aforado.
- Vasos de precipitación.
- Pipeta.
- Pera de succión.
- Cubetas.

#### **Sustancias y reactivos.**

- Agua destilada.
- Solución de cloruro férrico 0.008 M.
- Ácido Salicílico o ácido gálico.
- Etanol.
- Éter.
- Hexano.



### **Procedimiento general.**

- En 5 matraces se agregó 100 ml de 5 solventes diferentes; Agua, Etanol, Etano-Agua, Hexano y Éter
- En cada matraz con el solvente agregado se añadieron 5 g de la muestra
- Se procedió a diluir y a taponar para dejar así por un periodo de 24 horas a temperatura ambiente. A este proceso se lo conoce como lixiviación.
- Para la preparación del indicador se pesaron 2.25 g de cloruro férrico y se agregaron en 250 ml de agua destilada
- Se pesó 0.05 g de ácido salicílico y fueron diluidos en 5 ml de etanol.
- A continuación se colocaron en 250 ml de agua destilada y fue agregado el ácido salicílico o ácido gálico en diferentes concentraciones; 0.1, 0.25, 0.50, 0.75 y 1, añadiendo 25 ml de las muestras que pasaron por el proceso de extracción por lixiviación de cada uno en los matraces en el agua destilada.
- Añadir 1 ml del indicador cloruro férrico y diluirlo en 25 ml de agua destilada, ese servirá para encerar el equipo
- Finalmente con el equipo encerado se tomaron lecturas de las muestras con los diferentes solventes en el espectrofotómetro.

#### **7.3.4. Extracción por lixiviación**

Esta técnica consiste en la extracción de la materia soluble de una mezcla mediante la acción de un disolvente líquido. Este proceso formó parte de la determinación cuantitativa de los fenoles presentes en una muestra de *Prosopis Pallida*, los solventes utilizados fueron:

- Éter
- Agua
- Etanol
- Hexano

### **7.3.5. Extracción con solventes**

Para lograr una extracción por solventes son necesarios pasos previos como tamizado, molido, picado o macerado esto se debe a que es necesaria una mayor área de contacto entre el soluto y el solvente.

Para lograr una disolución más eficiente es recomendable hacer el procedimiento a constante agitación, a una temperatura y presión ambientes. El equipo para desarrollar dicho proceso puede ser un reactor batch o un reactor de mezcla completa.

Los solventes utilizados durante los análisis y determinación del presente trabajo de investigación fueron: Etano, éter, hexano, agua y ácido gálico, estos se emplearon en la determinación cuantitativa por espectrofotometría de fenoles.

### **7.3.6. Extracción por arrastre con vapor**

“Es un método de destilación en el cual se coloca la planta recomendablemente seca (por lo general depende del tipo de planta), pues fresca contiene mucílago que enturbian el aceite y disminuyen su calidad, o parte que contenga el principio aromático en la caldera de un alambique de hierro, acero inoxidable, cobre o vidrio, y se cubre con agua. Al calentar la caldera se evapora el agua y el aceite volátil, que se condensa en el refrigerante, recogiénose con el agua en el colector, de la cual se separa al cabo de cierto tiempo por diferencia de densidades, y finalmente se aísla con un embudo provisto de un grifo en la parte más estrecha.” (Sánchez Castellanos 2006)

“En el arrastre de vapor se debe tomar en cuenta la calidad de vapor: la presión de vapor, por experimentación se conoce que la presión en la cual se obtiene mayor rendimiento es a 40 psi, la temperatura de vapor; el área de la columna de destilación, la cantidad de material vegetal que se va a alimentar; las condiciones de condensación, la temperatura de condensación debe estar alrededor de los 40°C, para una mejor separación del condensado: el flujo del de separación: diseño del vaso florentino, la temperatura del destilado.” ( Paredes Punina 2010).

## **7.4. Instrumentos**

Los instrumentos utilizados en el presente trabajo fueron:

- Cuadros y gráficos estadísticos
- Cuadernos de notas

## **7.5. Recursos**

### **7.5.1. Humanos**

- Ingenieros de la Carrera de Ingeniería Química
- Docentes
- Autoridades
- Investigadoras

### **7.5.2. Materiales**

- Textos
- Copias
- Formularios
- Materiales de oficina
- Materiales de laboratorio
- Otros

### **7.5.3. Equipos**

- Molino
- Estufa
- Destilador por arrastre de Vapor
- Espectrofotómetro

### **7.5.4. Tecnológicos**

- Computadoras
- Internet
- Proyector

- Cámaras fotográficas
- Pen drive
- Impresoras
- Software (Statgraphics, Excel)

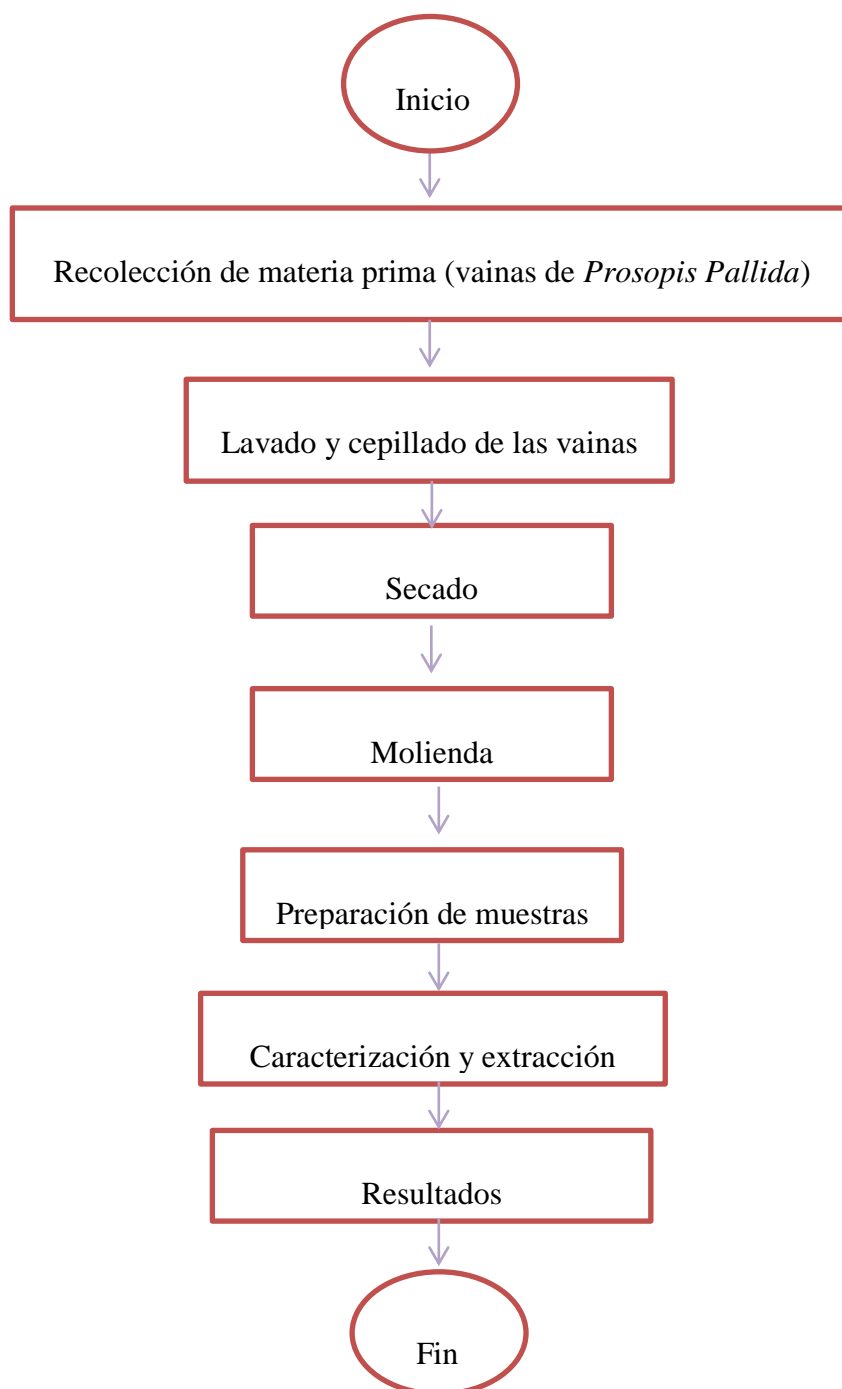
#### **7.5.5. Económicos**

La investigación tendrá un costo de US \$ 2816,<sup>00</sup> valor que será financiado por las autoras de la investigación.

## CAPITULO IV

### 8. Presentación y análisis de los resultados

#### 8.1. Diagrama de bloques para la caracterización y extracción de componentes esenciales



## 8.2. Balances de Masas

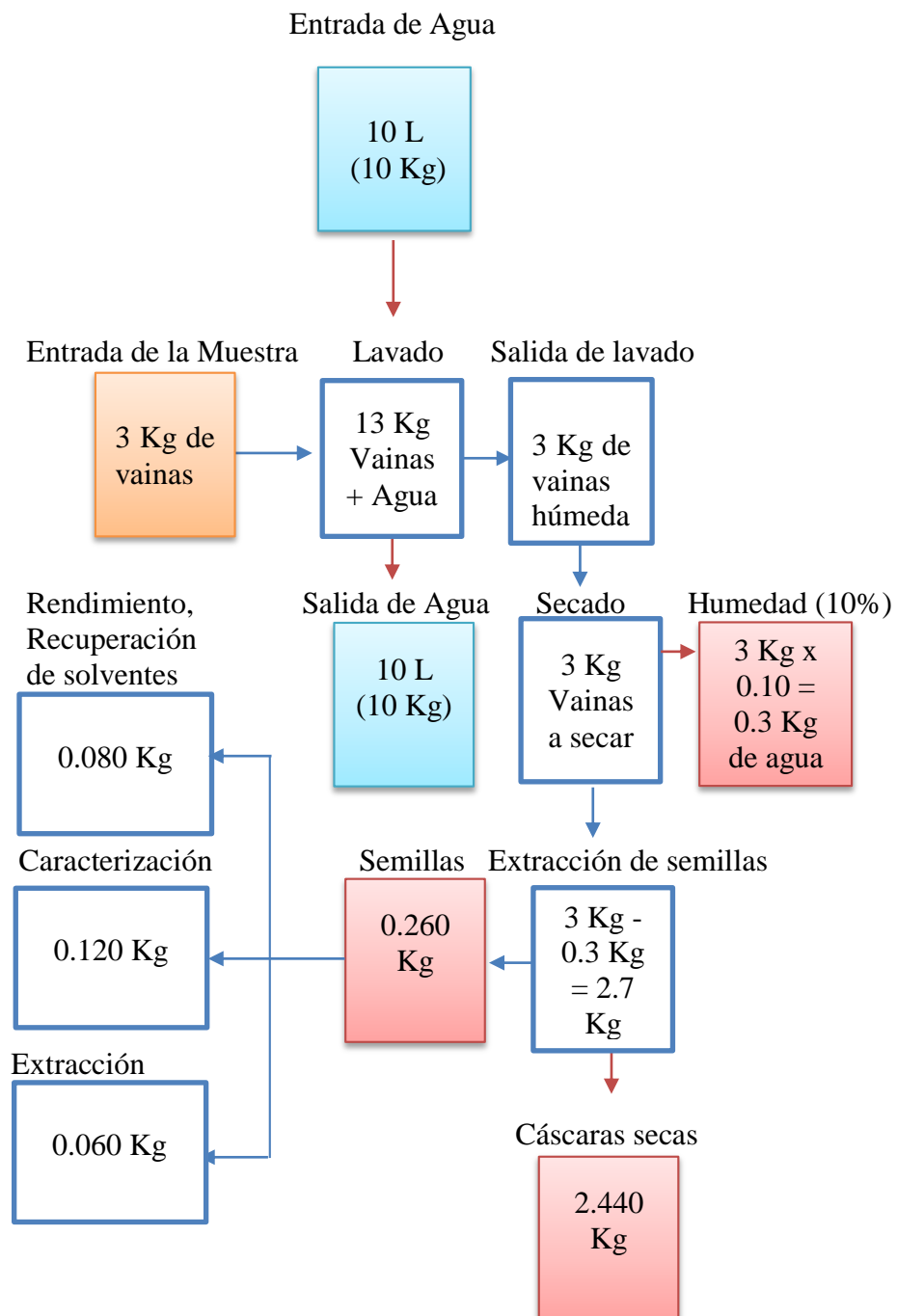
### 8.2.1. Balance General

$$E = S$$

Entrada de la muestra = Humedad + Cáscaras Secas + Semillas

$$3 \text{ Kg} = 0.3 \text{ Kg} + 2.44 \text{ Kg} + 0.26 \text{ Kg}$$

$$3 \text{ Kg} = 3 \text{ Kg}$$



### **8.3. Procedimientos experimentales para la caracterización de los componentes esenciales**

Una vez recolectada las muestras, se procedió a lavar y cepillar, aproximadamente 3 Kg de muestra fueron llevadas al laboratorio para empezar la caracterización y extracción de los componentes esenciales.

A partir de los 3 Kg de vainas de algarrobo se procedió a extraer las semillas de las vainas y se molieron (Figura 1) para posteriormente secarlas a 80 °C por aproximadamente 24 horas. Las cáscaras que conformaron un peso de 2.44 Kg fueron separadas de las semillas que al ser pesadas dieron un peso de 0.260 Kg. Estas fueron divididas con la finalidad de realizar los posteriores análisis de caracterización, determinación cuantitativa – cualitativa y extracción.

Ilustración 1. Molienda de las semillas para empezar el proceso de caracterización y extracción



Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

Las actividades realizadas se detallan con fotografías que reposan en el Anexo 1 de este trabajo de investigación.

#### **8.3.1. Resultados de análisis proximales. Caracterización de química de algarrobo (*Prosopis Pallida*)**

Para conocer la composición del algarrobo y sus características físicas se realizaron análisis proximales de esta manera se hizo la caracterización de la especie *Prosopis Pallida* en la siguiente tabla se detallan los resultados obtenidos.

Tabla 5. Perfil proximal de la harina de algarrobo

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
No.	H1	M	P1	L1	C1	FC1	CS1	P.C.1
1	12,4	173,78	6,78	1,8	11,15	10,43	74,12	339,8
2	12,65	174,6	6,89	2,1	11,12	10,9	74,5	344,46
3	12,01	174	7,01	2,03	11,22	11,01	74,3	343,51

MEDIA	12,35	174,13	6,89	1,98	11,16	10,78	74,31	342,59
DE	0,32	0,42	0,12	0,16	0,05	0,31	0,19	2,46

H=Humedad, M=Minerales, P=Proteína, L=Lípidos, C=Cenizas, FC=Fibra cruda, CS=Carbohidratos solubles, P.C.= Poder Calórico

**Elaborado por:** Bermello Stephany, García Dina

De acuerdo a los resultados presentados para los análisis proximales, se realizaron análisis estadísticos en base a la media muestral para las repeticiones realizadas por cada análisis. 3 de cada una. Además se realizó un estadístico sobre la desviación estándar de los resultados, para evaluar la normalidad de los datos procesados.

Tabla 6. Análisis proximal harina de algarrobo

#	<b>PARÁMETROS</b>	<b>%</b>	<b>U.</b>	<b>DE</b>
<b>1</b>	PROTEÍNAS	6,89	g.	0,12
<b>2</b>	HUMEDAD	12,35	g.	0,32
<b>3</b>	LIPIDOS	1,98	g.	0,16
<b>4</b>	CARBOHIDRATOS SOLUBLES	74,31	g.	0,19
<b>5</b>	PODER CALORICO	342,59	Kcal/g.	2,46
<b>6</b>	MINERALES	174,13	mg.	0,42
<b>7</b>	FIBRA CRUDA	10,78	g.	0,31
<b>8</b>	CENIZAS	11,16	mg.	0,05

Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

Una vez obtenidos los resultados de la caracterización de la especie Prosopis Pallida se observa en la tabla 6 que la muestra de 100 g contiene 6.89 g. de proteínas, 12.35 g. de humedad, el poder calórico es de 342.59 Kcal/g. lo que la hace una buena



fuerza de calorías, además de este parámetro se destaca la gran cantidad de carbohidratos solubles de 74.31 g. posee 10.78 g. de fibra cruda por ello es recomendable para tratamientos de problemas gastrointestinales, además contiene 174.13 mg. de minerales, 1.98 g. de lípidos y 11.16 mg. de cenizas.

Los componentes que posee la especie *Prosopis Pallida* son importantes para el sector industrial, la mayoría de ellos se utilizan actualmente en la industria alimenticia, en el caso de la fibra se utiliza para la fabricación de papel además se emplean en la elaboración de suplementos medicinales de los minerales y las proteínas. Los lípidos aunque se presentan en poca cantidad, en grandes proporciones son utilizados para la elaboración de muchos productos de uso diario como el jabón.

### 8.3.2. Cálculos y resultado de la determinación cualitativa de taninos por colorimetría

#### Cálculos para la preparación de reactivos

Dilución del ferricianuro de potasio ( $\text{FeK}_3(\text{CN})_6$ ) en agua destilada

$$V \times M \times \text{mEq} = m$$

**V** = Volumen

**M** = Masa molar

**mEq** = Miliequivalente químico

**g** = Peso en gramos

$$\text{Fe} = 1 \times 56 = 56$$

$$\text{K} = 3 \times 39 = 117$$

$$\text{C} = 6 \times 12 = 72$$

$$\text{N} = 6 \times 14 = \underline{84}$$

$$\text{mEq} \quad 329 \text{ g/mol}$$

$$200 \times 0.004 \times 0.329 = 0.2632 \text{ g}$$

Para la dilución se utilizaron 0.2632 g de  $\text{FeK}_3(\text{CN})_6$  en 200 ml de agua destilada.

#### Dilución del Cloruro Férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) en ácido clorhídrico

$$V \times M \times \text{mEq} = m$$

$$\text{Fe} = 1 \times 56 = 56$$

$$\text{Cl} = 3 \times 3.55 = \underline{106.5}$$

$$162.5 \text{ g/mol}$$

$$15 \times 0.008 \times 0.1625 = 0.0195 \text{ g}$$

Para la dilución se utilizaron 0.0195 g de  $\text{FeCl}_3$  en 15 ml de ácido clorhídrico.

#### Resultados.

Tabla 7. Resultado de la determinación por colorimetría de taninos

Color	Indicador
Verde Claro	Baja o nula cantidad de tanino
Verde oscuro	Contenido medio de tanino
Azul	Alto contenido de tanino

Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

Ilustración 2. Coloración obtenida (Verde oscuro)



Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

Una vez mezclada y agitada la solución para determinar taninos por el método cualitativo se obtuvo una coloración verde oscuro indicando que las muestras de *Prosopis Pallida* contienen un rango medio de este componente. El resultado se observa en la figura 2.

### 8.3.3. Cálculos y resultado de la determinación cuantitativa de taninos por titulación

#### Cálculos

#### Preparación de la muestra para titular

A + B + C = muestra preparada

A = Muestra (25 ml)

B = Indicador Índigo Carmín (20 ml)

C = Agua destilada (750 ml)

A	B	C
750 ml	20 ml	25 ml
100 ml	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>

$$X_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 20 \text{ mL}}{750 \text{ mL}}$$

$$X_1 = 2.66 \text{ mL}$$

$$X_2 = \frac{2.66 \text{ mL} \times 25 \text{ mL}}{20 \text{ mL}}$$

$$X_2 = 3.33 \text{ mL}$$

A	+	B	+	C
100 ml	+	2.66 ml	+	3.33 ml

Muestra preparada = 105.99 ml

## Resultados

Ilustración 3. Muestra titulada



Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

### Rango mínimo tituable

Luego de realizar la titulación no se pudo cuantificar la cantidad de taninos presentes en la muestra *Prosopis Pallida*, por lo cual haciendo un paréntesis a los resultados se recomienda emplear otro método para una determinación futura, al final del procedimiento se puede determinar que la muestra posee cantidades mínimas de taninos.

### 8.3.4. Resultados de la determinación cuantitativa de fenoles por espectrofotometría

El análisis ANOVA se lo realizó en el programa Statgraphics, se ingresaron los datos de los resultados arrojados por el espectrofotómetro con el propósito de relacionarlos y hacer una comparación para determinar que solvente es más estable, además en el mismo programa se determinó el análisis de la varianza, las Medias por Mínimos Cuadrados para ABS con intervalos de confianza del 95,0 % y las pruebas de múltiples rangos para ABS por concentraciones.

Tabla 8. Resultados de absorbancia y transmitancia a 520 nm con Ácido Gálico

Concentración	AC. gálico estándar	a 520nm
	ABS	% T
0,1	0,009	98,1
0,25	0,013	97,1
0,50	0,020	95,5
0,75	0,044	90,4
1	0,035	92,4

Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina.

Tabla 9. Resultados de absorbancia y transmitancia a 520 nm en Agua - Etanol

Concentración	AGUA- ETANOL	a 520nm
	ABS	% T
0,1	0,026	94,2
0,25	0,040	91,2
0,50	0,068	85,6
0,75	0,088	81,7
1	0,104	78,7

Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

Tabla 10. Resultados de absorbancia y transmitancia a 520 nm en Éter

Concentración	ÉTER	a 520nm
	ABS	% T
0,1	0,000	100,0
0,25	0,000	99,9
0,50	0,008	98,1
0,75	0,048	89,6
1	0,042	90,7

Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

Tabla 11. Resultados de absorbancia y transmitancia a 520 nm en Agua

Concentración	AGUA	a 520nm
	ABS	% T
0,1	0,079	83,4
0,25	0,124	75,2
0,50	0,194	64,0
0,75	0,254	55,7
1	0,343	45,4

Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

Tabla 12. Resultados de absorbancia y transmitancia a 520 nm en Hexano

Concentración	HEXANO	a 520nm
	ABS	% T
0,1	0,000	100,1
0,25	0,009	98,1
0,5	0,027	94,1
0,75	0,017	96,2
1	0,044	90,3

Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

Tabla 13. Resultados de absorbancia y transmitancia a 520 nm en Etanol

Concentración	ETANOL	a 520nm
	ABS	% T
0,1	0,009	98,0
0,25	0,041	91,0
0,50	0,081	82,9
0,75	0,128	74,6
1	0,157	69,6

Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

Tabla 14. Análisis de la varianza para ABS – Suma de cuadrados tipo III

Fuente	Suma de cuadros	GI	Cuadrado Media	Razón - F	Razón - P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: CONCENTRACIONES	0,0406312	4	0,0101578	7,7	0,0006
B: SOLVENTES	0,119848	5	0,0239695	18,17	0,0000
RESIDUOS	0,0263764	20	0,00131882		
TOTAL (CORREGIDO)	0,186855	29			

Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

Ilustración 4. Solventes



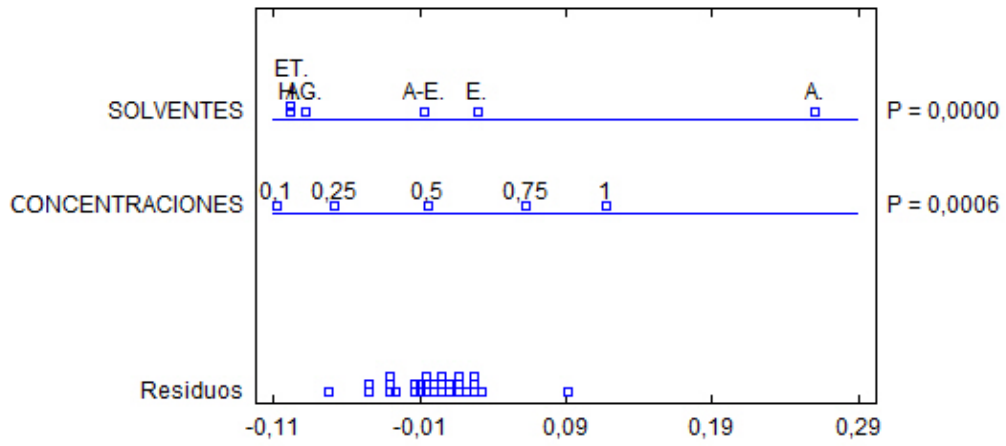
Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

Los resultados demuestran que las concentraciones que en este caso están representadas con la letra A tienen una suma de cuadros equivalente a 0.0406312, cuadros media de 0.0101578. Razón de  $F = 7.7$  y razón de  $P = 0.0006$ . Mientras que para Solventes representados por la letra B indicó el análisis ANOVA que tiene una suma de cuadros de 0.0119848, cuadrado media de 0.0239695, razón  $F$  de 18.17 y una razón de  $P$  equivalente a 0.

Para los residuos el valor de la suma de cuadros llegó a 0.0263764 y cuadrado media de 0.00131882, para el total corregido la cantidad de la suma de cuadros es de 0.186855. Todas las razones –  $F$  se basan en el cuadrado medio del error residual, mientras que los valores de  $P$  muestran la significancia estadística de cada uno de los factores.

En el siguiente gráfico de dispersión se detallan las razones de P en base a los solventes, concentraciones y residuos.

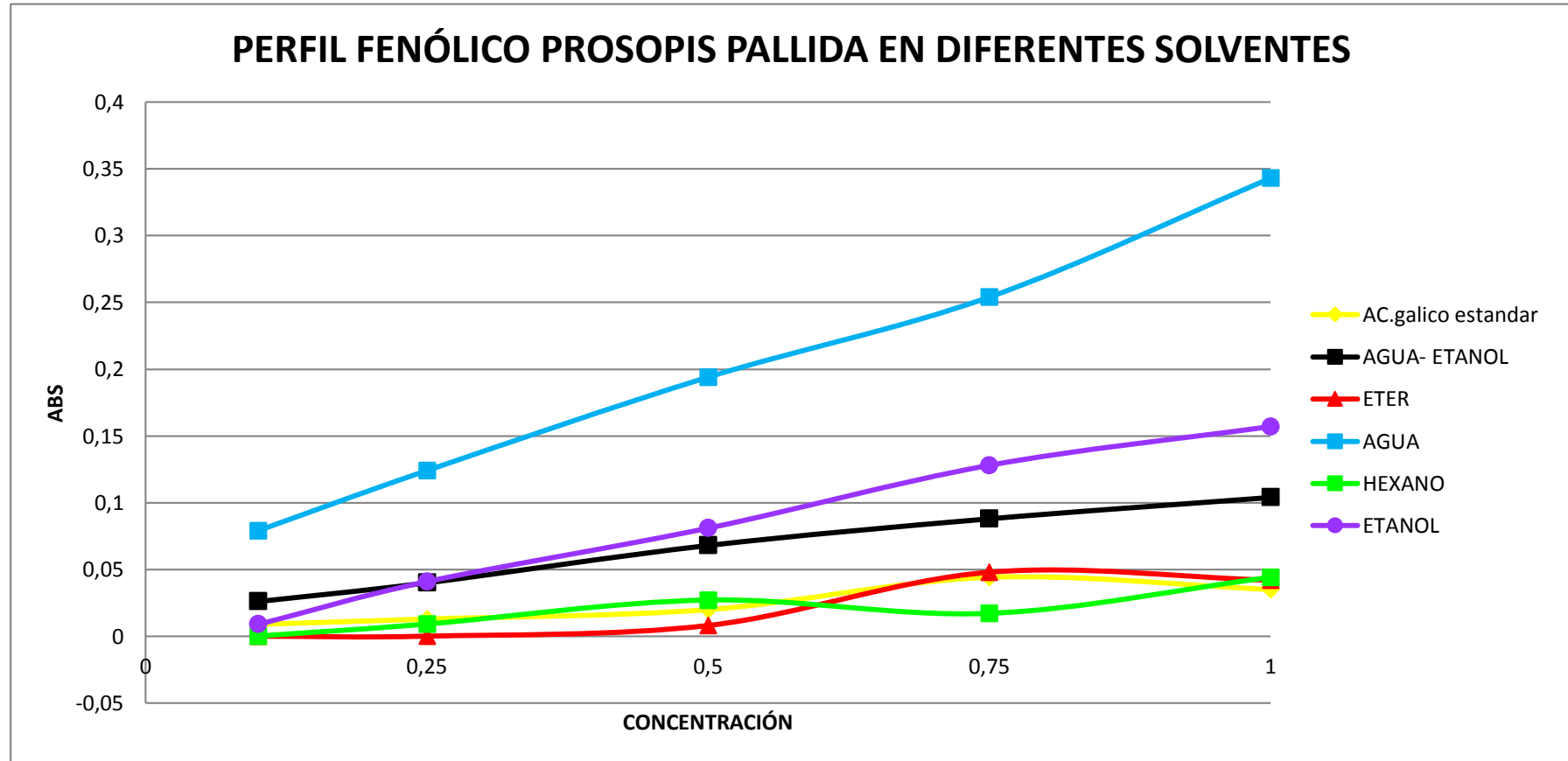
Gráfico 1. Gráfico de razón de P para ABS de concentraciones, solventes y residuos



Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina



Gráfico 2. Perfil fenólico Prosopis Pallida en diferentes solventes



Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

El gráfico 2 representa la determinación cuantitativa de fenoles por espectrofotometría brindó varios resultados según el solvente utilizado, se usaron seis; Etanol, Agua, Etanol-Agua, Éter, Acido gálico y hexano a diferentes concentraciones; 0.1, 0.25, 0.50, 0.75, 1. Para así demostrar los niveles de absorbancia y transmitancia por medio del perfil Fenólico *Prosopis Pallida*. Con una longitud de onda estándar de 520 nm y el cloruro férrico diluido en agua destilada como patrón se llegó a la conclusión de que los fenoles en éter y hexano presentan mayores porcentajes de transmitancia, por su parte el agua presenta mayores niveles de absorbancia pero la mezcla de etanol – agua es la más estable por lo que se recomienda la determinación de fenoles mediante la extracción por lixiviación en un medio etanol – agua.

#### **8.4. Recuperación de solventes y cálculo de la eficiencia del equipo basada en el rendimiento**

Para calcular el rendimiento en la recuperación de solventes se optó por seleccionar la mezcla etanol – agua que fue la más estable al momento de determinar fenoles.

A continuación se detallan los cálculos para la determinación del rendimiento.

##### **Muestra**

- 60 g de muestra de *Prosopis Pallida*

##### **Ingreso**

- 80 ml de etanol – agua (40 ml – 40 ml)
- 80 ml de Hexano
- 80 ml de Acetona

##### **Recuperado**

- 50 ml de etanol – Agua (30 ml – 20 ml)
- 78 ml de hexano
- 75 ml de Acetona

### **Compuesto: Agua – Etanol**

#### **Ingreso:**

- 80 ml del solvente comprendido en 40 ml de Agua y 40 ml de Etanol
- 20 g de muestra.

#### **Recuperado:**

- 50 ml del solvente comprendido en 20 ml de agua a 73 °C y 30 ml de Etanol a 68 °C
- 15.1412 g de muestra.

**% de eficiencia**

$$\begin{array}{ccc} 80 \text{ ml} & & 100\% \\ & \diagdown & / \\ & & X \\ & / & \diagdown \\ 50 \text{ ml} & & \end{array}$$

$$X = \frac{\text{Solvente recuperado}}{\text{Solvente en la entrada}} \times 100 \%$$

$$X = \frac{50 \text{ mL}}{80 \text{ mL}} \times 100 \%$$

$$X = 62.5 \%$$

### **Compuesto: Hexano**

#### **Ingreso:**

- 80 ml del solvente
- 20 g de muestra.

#### **Recuperado:**

- 78 ml del solvente a 58 °C
- 16.04 g de muestra.

**% de eficiencia**

$$\begin{array}{ccc} 80 \text{ ml} & \times & 100\% \\ & \diagdown & / \\ & & X \\ & / & \diagdown \\ 78 \text{ ml} & & \end{array}$$

$$X = \frac{\text{Solvente recuperado}}{\text{Solvente en la entrada}} \times 100 \%$$

$$X = \frac{78 \text{ mL}}{80 \text{ mL}} \times 100 \%$$

$$X = 97.5 \%$$

**Compuesto: Acetona**

**Ingreso:**

- 80 ml del solvente comprendido en 40 ml de Agua y 40 ml de Etanol
- 20 g de muestra.

**Recuperado:**

- 75 ml del solvente a 46 °C
- 35.1412 g de muestra.

**% de eficiencia**

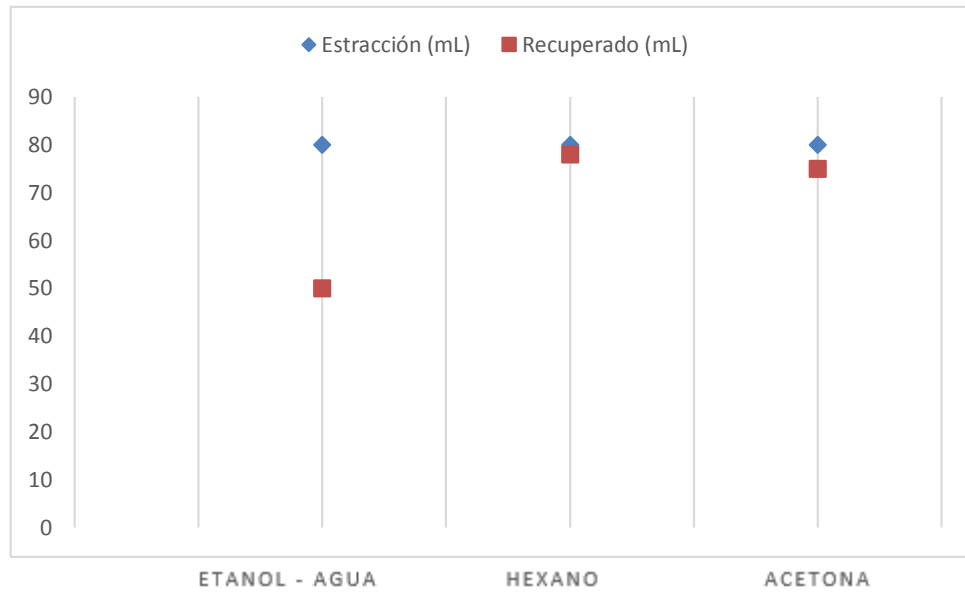
$$\begin{array}{ccc} 80 \text{ ml} & \times & 100\% \\ & \diagdown & / \\ & & X \\ & / & \diagdown \\ 75 \text{ ml} & & \end{array}$$

$$X = \frac{\text{Solvente recuperado}}{\text{Solvente en la entrada}} \times 100 \%$$

$$X = \frac{75 \text{ mL}}{80 \text{ mL}} \times 100 \%$$

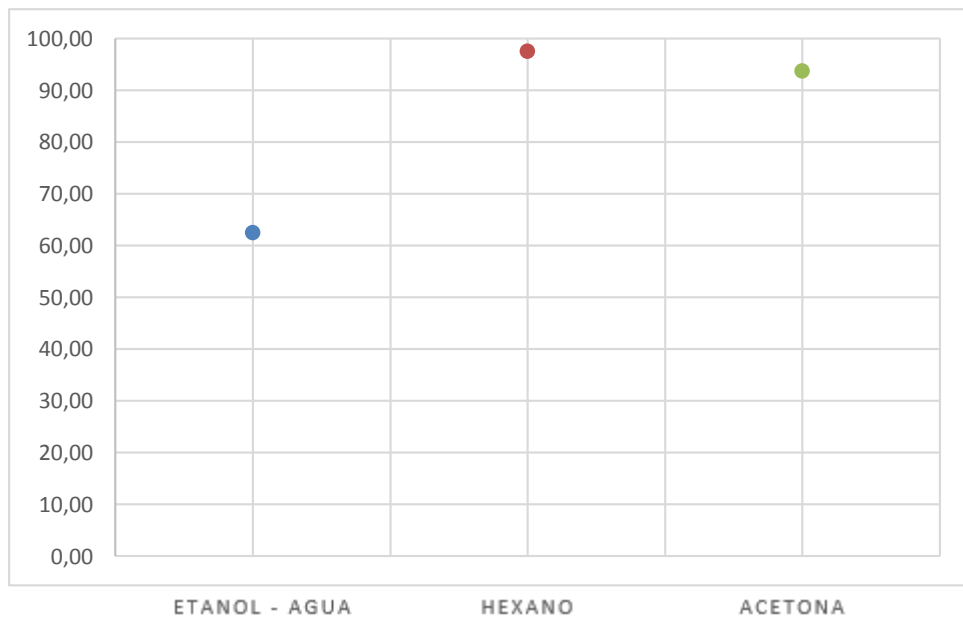
$$X = 93.75 \%$$

Gráfico 3. Comparación entre solventes utilizados para la extracción y recuperado de los mismos



Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

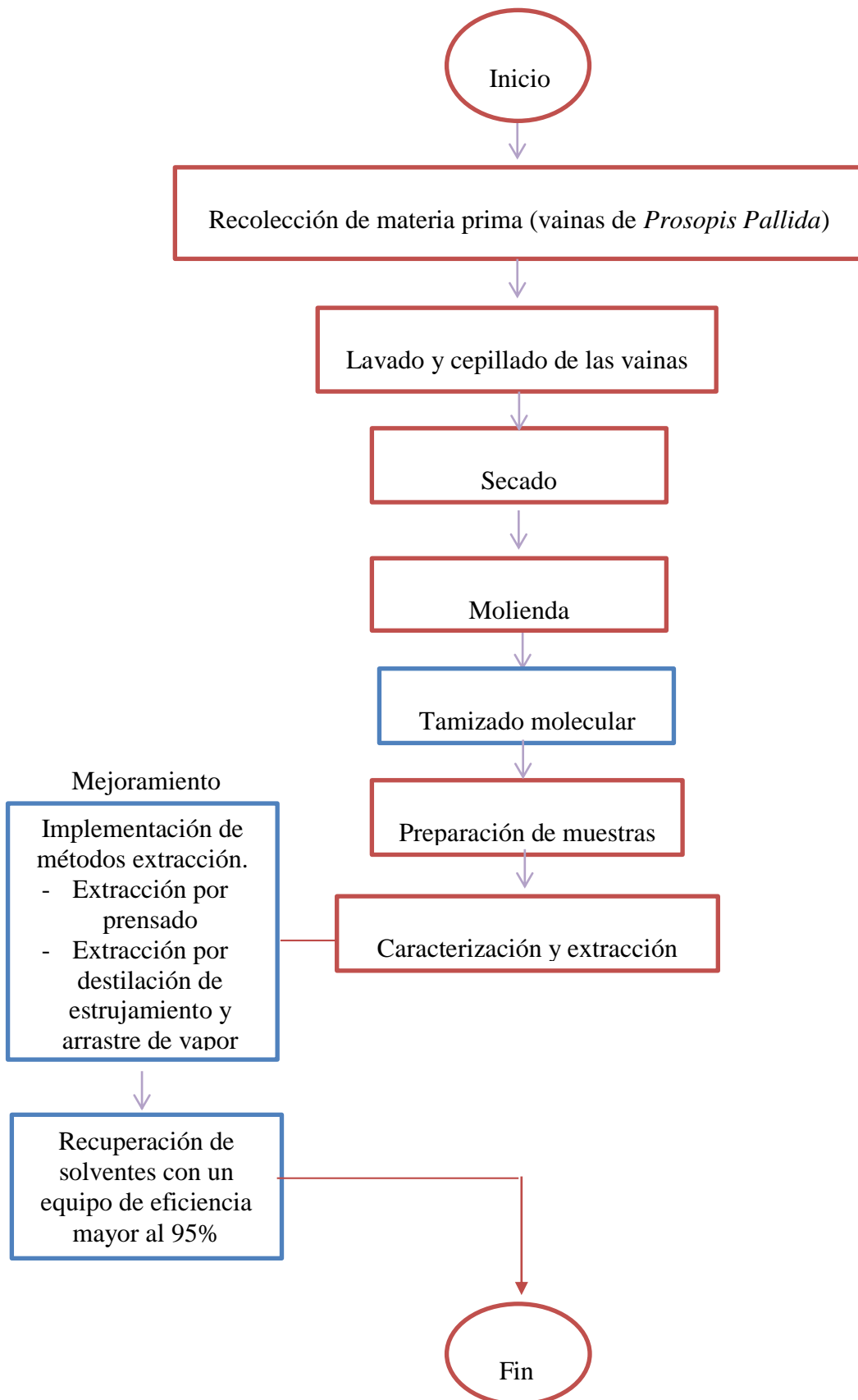
Gráfico 4. Comparación de la eficiencia de los solventes en el recuperado



Elaborado por: Bermello Stephany, García Dina

En los que respecta a los cálculos de la eficiencia el solvente que presta mayor rendimiento es el hexano debido a que se presentó un porcentaje de 97.5 % seguido de la acetona con un 93.75 % y por último la mezcla etanol - agua con un 62.5 %.

### 8.5. Mejora en la extracción para su posible aplicación a nivel industrial



## 9. Conclusiones

- Se realizó la caracterización de compuestos químicos esenciales provenientes de la especie vegetal de algarrobo *Prosopis Pallida* empleando métodos cualitativos y cuantitativos además de consultas en fuentes bibliográficas para conocer la composición, características y estructura de este tipo de algarrobo. Las utilidades que esta presentan son varias, destacan su participación en el campo de la medicina y en el sector de la industria.
- Para la caracterización dentro del laboratorio se realizó una determinación por colorimetría para la determinación de taninos dando como resultado que la muestra de esta especie posee niveles medios de este componente sin embargo al momento de realizar la cuantificación mediante titulación se obtuvieron resultados mínimos por lo concluyente no es muy recomendable este último método. La técnica utilizada para determinar fenoles que consiste en la extracción por lixiviados empleando distintos solventes a varias concentraciones, es muy efectiva sobre todo si se complementa con la lectura de un espectrofotómetro, dando como resultado que es aconsejable utilizar como disolvente la mezcla etanol – agua ya que es la más estable de todas. En lo que respecta al análisis proximal una muestra de 100 g proporcionó datos interesantes; posee alto contenido de carbohidratos solubles 74,31 g. y proteínas 6.89 g., mientras que en lípidos posee 1.98 g. y tiene un alto contenido calórico 342,59 Kcal/g. lo que la hace una planta muy útil para utilizarla en procesos industriales.
- Los métodos de extracción de los componentes químicos más utilizados y recomendados son por arrastre de vapor, por prensado y por solventes, siendo este último el de mayor utilización en la industria y que se empleó en la mayoría de los ensayos en el presente trabajo de investigación, puede ser muy rentable si se posee un equipo que ayude a recuperar dichos solventes.
- Para mejorar los procesos de extracción con solventes, es aconsejable hacer uso de un tamiz molecular, implementar un equipo que recupere los solventes que posea una alta eficiencia para así tener mayor rentabilidad optimizando los procesos de extracción de los diferentes componentes presentes en la especie de algarrobo *Prosopis Pallida*, aunque eso significaría un costo añadido que podría generar conflictos de factibilidad en un estudio económico por el alto costo del equipo.



- Es aconsejable para reducir costos hacer la extracción con equipos como destilador por arrastre de vapor, estrujado o prensado en donde no participen solventes que pueden generar mayores costos para la empresa, siempre y cuando no se tenga alto rendimiento al momento de recuperar el solvente. Además en base a esta investigación se propone que se sigan implementando nuevos métodos de caracterización y extracción de compuestos presentes en dicha especie porque es una variedad muy interesante que presta muchas utilidades al sector industrial y vale la pena ser estudiada a profundidad.

## 10. Recomendaciones

- Al momento de hacer una investigación a partir de fuentes de bases secundarias se debe tener la precaución que sea de una fuente que provea datos certeros y establecer una búsqueda a nivel local, empezando por revisar los estudios que se han realizado en la provincia y el país.
- Seguir estrictamente los procedimientos de las técnicas establecidas dentro del laboratorio con todas las medidas de seguridad posible. Al momento de realizar una caracterización química es recomendable informarse primero de los componentes y su presencia porcentual en la muestra que se desea analizar para tener guías de la cantidad a la que se puede llegar al momento de determinar cuantitativamente o cualitativamente. Si se trata de un objeto de estudio inédito se debe hacer una caracterización empezando por los componentes esenciales y de mayor abundancia en la naturaleza como: nitrógeno, hierro, fósforo, azufre. Entre otros.
- Se deben incorporar más materiales y equipos en los laboratorios para tener un mayor dominio de las diversas técnicas y métodos de determinación y extracción que se observaron a lo largo de este trabajo de investigación.
- Al realizar técnicas de determinación y extracción se debe pensar en la mejora y la implementación de métodos alternativos y que optimicen el proceso para una utilización a nivel industrial con mayor nivel de factibilidad y rentabilidad.

## PARTE REFERENCIAL

### Presupuesto

<b>RECURSO</b>	<b>VALORES</b>
Uso de internet para la adquisición de material bibliográfico	US \$ 100,00
Experimentos y análisis	US \$ 1000,00
Reactivos y sustancias químicas	US \$ 1000,00
Impresión de documentos	US \$ 60,00
Fotocopias	US \$ 60,00
Material de oficina	US \$ 120,00
Transporte	US \$ 220,00
Subtotal	US \$ 2560,00
Imprevistos (10%)	US \$ 256,00
<b>Total</b>	<b>US \$ 2816,00</b>

## Cronograma

Actividades	2015																				
	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración del Anteproyecto	■																				
Presentación del Anteproyecto		■																			
Corrección del Anteproyecto			■																		
Aprobación del Anteproyecto				■	■	■	■														
Recopilación de información						■	■	■	■	■	■	■	■								
Pruebas y análisis											■	■	■	■							
Obtención de resultados												■	■	■							
Tabulación de resultados														■	■	■					
Análisis de Resultados																	■	■			
Presentación del trabajo final																		■	■		
Corrección del trabajo Final de Tesis																			■		
Entrega del trabajo final																				■	
Sustentación de Tesis																					■

## Bibliografía

- Paredes Punina, Diego Orlando. «Desarrollo de un sistema de extracción de aceites esenciales.» *epoch.edu.ec.* 2010.  
<http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1710/15T00453.pdf;jsessionid=B25A46BFAA072708733BB23F6373E92A?sequence=1> (último acceso: 24 de Agosto de 2015).
- Abel González Galán, Angelita Duarte Corrêa, Celeste maria Patto de Abreu, Maria de Fatima Piccolo Barcelos. «Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis* spp. procedente de Bolivia y Brasil.» *Scielo.org.* 2008.  
<http://www.scielo.org.ve/pdf/alan/v58n3/art15.pdf> (último acceso: 16 de Agosto de 2015).
- ALNICOLSA del Perú S.A.C. *Metodología para el análisis de taninos.* s.f.  
<http://taninos.tripod.com/metodologiataninos.htm> (último acceso: 16 de Agosto de 2015).
- Alzate Tamayo, Luz María, Diana María Arteaga Gonzalez, y Yamilé Jaramillo Garcés. *SCIELO.* 29 de Septiembre de 2008.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-44492008000200013&lng=es&nrm=.pf&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492008000200013&lng=es&nrm=.pf&tlng=es) (último acceso: 12 de Abril de 2015).
- Amics-Terra. «Secretos de la Algarroba.» *Amics de la Terra Eivissa.* 17 de Septiembre de 2014. <http://www.amics-terra.org/cache/06/b0/3036edcf62ba57535bed516bfa7faf07899c/secretos-de-la-algarroba.pdf> (último acceso: 13 de Abril de 2015).
- Basurto Rodríguez, Lorenzo. *ALNICOLSA del Perú.* 12 de Abril de 2015.  
<http://taninos.tripod.com/algarrobo.htm> (último acceso: 12 de Abril de 2015).
- Brunatti, Carlos, y Ana María Martín. «Introducción a la Espectroscopía de Absorción Molecular Ultravioleta, Visible e Infrarrojo Cercano.» *Facultad de Ingeniería*

de la Universidad de Buenos Aires. 24 de Noviembre de 2004. <http://materias.fi.uba.ar/6305/download/Espectrofotometria.pdf> (último acceso: 22 de Septiembre de 2015).

Cano Morales, Telma Maricela, y José Marío Saravia Molina. «Obtención del extracto tánico por maceración dinámica de la corteza de árboles jóvenes de cuatro especies forestales, a nivel laboratorio.» *Biblioteca Central de la Universidad San Carlos de Guatemala*. Noviembre de 2008. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1080\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1080_Q.pdf) (último acceso: 17 de Agosto de 2015).

Celi, Jean. «Plantemos nuestros algarrobos y protejamos el ambiente.» *algarrobina.blogspot.com*. 19 de Octubre de 2006. <http://algarrobinalgarrobina.blogspot.com/> (último acceso: 22 de Septiembre de 2015).

Erick, Carlos. «Plantemos Algarrobos y Protejamos el Medio.» *protejamos.blogspot.com*. 17 de Octubre de 2006. <http://plantemosprotejamos.blogspot.com/> (último acceso: 22 de Septiembre de 2015).

Estetica y Salud. «¡Chocolate sin remordimiento!» *Estetica y Salud*. 2010. <http://esticaysalud.com.ve/%C2%A1chocolate-sin-remordimiento/> (último acceso: 21 de Septiembre de 2015).

FAO. *El género prosopis “Algarrobos” en América latina y el caribe. distribución, biotecnología, usos y manejo*. s.f. <http://www.fao.org/docrep/006/ad314s/ad314s08.htm> (último acceso: 12 de Abril de 2015).

Ffolliot, Peter, y John Thames. *FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura)*. 20 de Enero de 2015. <http://www.fao.org/docrep/006/q2180s/Q2180S09.htm> (último acceso: 13 de Abril de 2015).

Flores, Nery Castillo. «Determinación de humedad.» *Monografias.com*. 11 de Noviembre de 2009. <http://www.monografias.com/trabajos76/determinacion->

humedad/determinacion-humedad2.shtml (último acceso: 17 de Agosto de 2015).

García Martínez, Eva, y Isabel Fernández Segovia. *Determinación de proteínas de un alimento por el método kjeldahl*. 28 de Junio de 2012. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf?sequence=1> (último acceso: 16 de Agosto de 2015).

Gray, Juliet. «Fibra dietética.» En *ILSI Europe concise monograph series*, de Juliet Gray, 6. Bruselas: ILSI Europe, 2006.

ISPCH. «Procedimiento para determinar fibra dietética.» *Instituto de Salud Pública de Chile*. 6 de Mayo de 2015. [http://www.ispch.cl/lab\\_amb/met\\_analitico/doc/ambiente%20pdf/fibradietaria.pdf](http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/fibradietaria.pdf) (último acceso: 17 de Agosto de 2015).

LaCalendula. «Algarrobo.» *La Calendula.com*. 13 de Junio de 2010. <http://lacadendula.com/nativas/nat-2?start=3> (último acceso: 23 de Septiembre de 2015).

León Torres, Carlos, y otros. «Extracción de Azúcares Reductores Totales.» *Dialnet*. 2011. [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4366559.pdf](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4366559.pdf) (último acceso: 17 de Agosto de 2015).

Marroquín González, Adela María. «Obtención del extracto tánico por maceración dinámica de la corteza de árboles jóvenes de cuatro especies forestales, a nivel laboratorio.» *biblioteca.usac.edu.gt*. Noviembre de 2008. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1080\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1080_Q.pdf) (último acceso: 20 de Septiembre de 2015).

Mülembau, Schule. «CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNAS.» *schulefood.de*. 2013. [http://www.schulefood.de/schule/es/es\\_presse/es\\_Presseinformationen/es\\_ProteinVerschiebung/](http://www.schulefood.de/schule/es/es_presse/es_Presseinformationen/es_ProteinVerschiebung/) (último acceso: 24 de Septiembre de 2012).

Ortiz Romero, Lesly Tatiana. «Instructivo para el análisis de muestras de bromatología y análisis especiales.» *Universidad del Tolima*. 22 de Agosto de 2012.

[http://desarrollo.ut.edu.co/tolima/hermesoft/portal/home\\_1/rec/arc\\_30587.pdf](http://desarrollo.ut.edu.co/tolima/hermesoft/portal/home_1/rec/arc_30587.pdf)  
(último acceso: 18 de Agosto de 2015).

Peña Álvarez, Claudia Milena. «Determinación de cenizas por el método de calcinación.» *Blogspot*. 3 de Enero de 2011. <http://avibert.blogspot.com/2011/01/determinacion-de-cenizas-por-el-metodo.html> (último acceso: 17 de Agosto de 2015).

Perú Ecológico. *Plantas clonales PROTECA*. 22 de Agosto de 2012. [http://www.peruecologico.com.pe/flo\\_algarrobo\\_1.htm](http://www.peruecologico.com.pe/flo_algarrobo_1.htm) (último acceso: 12 de Abril de 2015).

Pittau, Diego. «Conoce el Algarrobo (Prosopis), denominacion Inca: TACU.» *Taringa.com*. 24 de Agosto de 2013. <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/17083399/Conoce-el-Algarrobo-Prosopis-denominacion-Inca-TACU.html> (último acceso: 23 de Septiembre de 2015).

Profesor en Linea. «Lípidos.» *profesorenlinea.cl*. 2008. <http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/lipidos.htm> (último acceso: 23 de Septiembre de 2015).

Sabor Mediterraneo. «Sin ser un alimento, la fibra tiene múltiples beneficios sobre el organismo.» *sabormediterraneo.com*. 2013. <http://www.sabormediterraneo.com/salud/fibra.htm> (último acceso: 18 de Agosto de 2015).

Sánchez Castellanos, Francisco. «Extracción De Aceites Esenciales.» *sisav.valledelcauca.gov.co*. 21 de Octubre de 2006. Francisco J. Sánchez Castellanos (último acceso: 24 de Agosto de 2015).

Sanz, Ascensión. «Tecnología de la celulosa. La industria papelera.» *Química Orgánica Industrial*. 2012. <http://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php> (último acceso: 20 de Agosto de 2015).



- Segura, Carla. «Tanino.» *q-organicauce*. 5 de Junio de 2013. <http://q-organicauce.wikispaces.com/file/view/FENOLES+NATURALES+2.pdf> (último acceso: 20 de Agosto de 2015).
- Smith, Walter. «Estudio Técnico para la producción de goma hubert roque.» *Slide Share*. 20 de Noviembre de 2012. <http://es.slideshare.net/WalterSmith2/estudio-tnico-para-la-produccin-de-gomas-hubert-roque>.
- . *Slideshared.net*. 20 de Noviembre de 2012. <http://es.slideshare.net/WalterSmith2/estudio-tnico-para-la-produccin-de-gomas-hubert-roque> (último acceso: 12 de Agosto de 2015).
- Textos científicos. «El uso industrial de Fenol.» *Textos científicos*. 18 de Marzo de 2006. <http://www.textoscientificos.com/quimica/aromaticos/uso-industrial-4> (último acceso: 21 de Septiembre de 2015).
- UNAM. «¿Laboratorio o casa? Destilación por arrastre de vapor.» *feriadelasciencias.unam.mx*. 2004. [http://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria20/feria166\\_01\\_laboratorio\\_o\\_casa\\_destilacion\\_por\\_arrastre\\_de\\_vap.pdf](http://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria20/feria166_01_laboratorio_o_casa_destilacion_por_arrastre_de_vap.pdf) (último acceso: 1 de Octubre de 2015).
- . «Laboratorio de alimentos I procesos.» *Facultad de Química de la UNAM*. 5 de Agosto de 2012. [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/PROCEDIMIENTOS13-I\\_20566.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/PROCEDIMIENTOS13-I_20566.pdf) (último acceso: 16 de Agosto de 2015).
- Vargas, Janeth. «Metodología de extracción y purificación de inhibidores de proteasas en opuntia streptacantha.» *Instituto de Ciencias y Tecnología de Estado de Guanajuato*. 13 de Septiembre de 2006. [http://www.concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/13092006\\_METODOLOGIA\\_EXTRACCI%C3%83%E2%80%9CN\\_PURIFICACION\\_INHIBIDORES\\_PROTEASAS.pdf](http://www.concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/13092006_METODOLOGIA_EXTRACCI%C3%83%E2%80%9CN_PURIFICACION_INHIBIDORES_PROTEASAS.pdf) (último acceso: 17 de Agosto de 2015).

Wordpress. *Salud, dinero y amor*. 17 de Enero de 2009.  
<https://plantitas.wordpress.com/2009/page/10/> (último acceso: 15 de Agosto de 2015).

Yumpu. «Estudio comparativo entre frutos de Prosopis Alba y Prosopis Pallida.»  
*yumpu.com*. 2000.  
<https://www.yumpu.com/es/document/view/12424868/estudio-comparativo-entre-frutos-de-prosopis-alba-y-5> (último acceso: 20 de Septiembre de 2015).

## ANEXOS

### Anexo 1. Procedimientos para determinación de componentes esenciales

#### Anexo 1.1. Selección de la muestra



#### Anexo 1.2. Preparación de la muestra



Anexo 1.3. Molienda de la muestra



Anexo 1.4. Preparación de la muestra diluyéndola en 400 ml de agua destilada



### Anexo 1.5. Determinación de taninos por colorimetría



### Anexo 1.6. Resultado de la determinación cualitativa de taninos por colorimetría



Anexo 1.7. Determinación cuantitativa de taninos por titulación con permanganato de potasio



Anexo 1.8. Preparación de las muestras para determinar fenoles

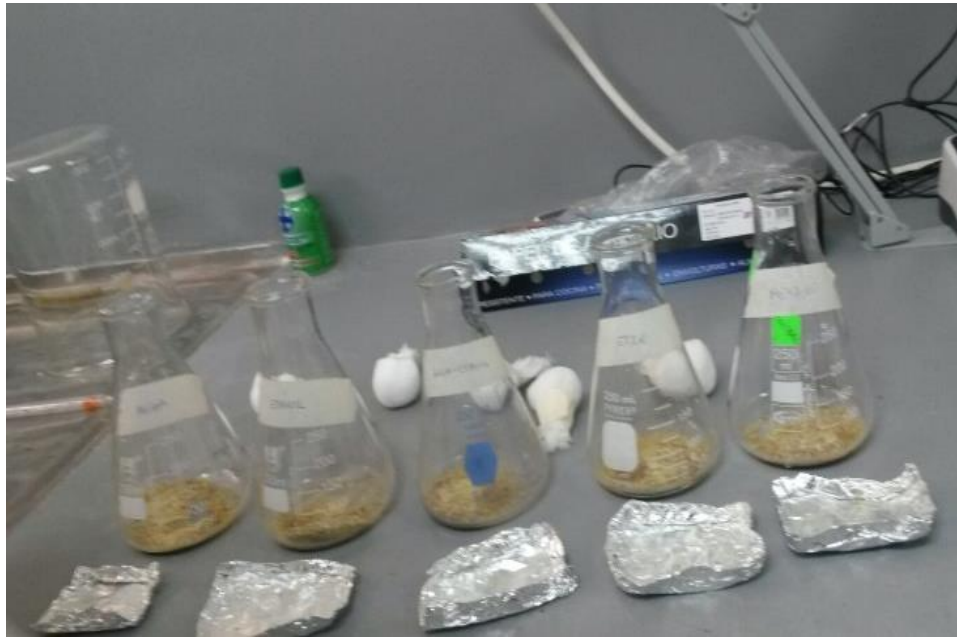


Anexo 1.9. Preparación de las soluciones para la determinación de fenoles





Anexo 1.10. Preparación de las soluciones para la determinación de fenoles



Anexo 1.11. Determinación de los niveles de absorbancia y transmitancia por medio del perfil Fenólico *Prosopis Pallida* en diferentes solventes a varias concentraciones



Anexo 1.12. Preparación de las muestras para tomar lectura en el espectrofotómetro



Anexo 1.13. Adición de indicador



Anexo 1.14. Solución de cloruro férrico para determinación de fenoles





Anexo 1.15. Lectura en el espectrofotómetro



Anexo 1.16. Resultados del espectrofotómetro



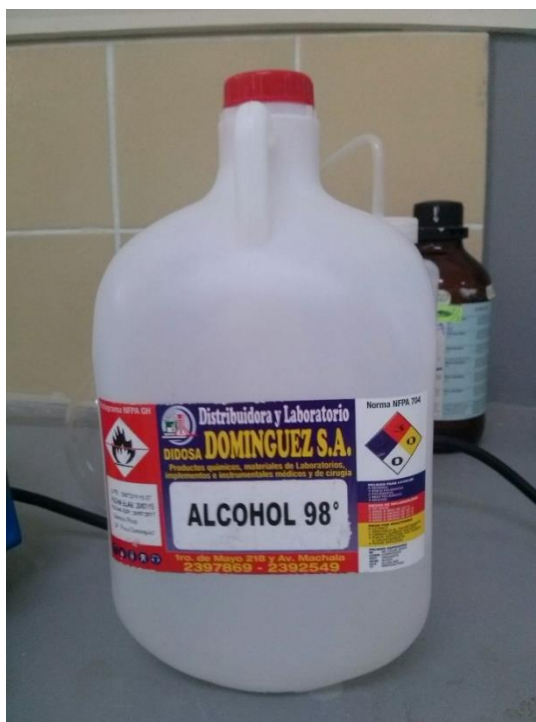
Anexo 1.17. Preparación de la muestra y solventes para su recuperación



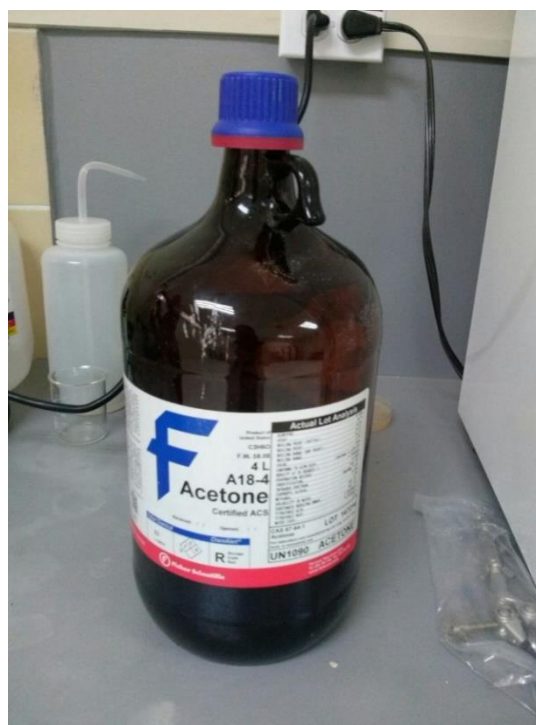
Anexo 1.19 Muestra para la recuperación de solventes



Anexo 1.20. Etanol componente de la mezcla etanol - agua



Anexo 1.21. Acetona



## Anexo 1.22. Recuperación de solventes





**Anexo 2. Materiales y equipos utilizados para determinar y extraer los componentes esenciales del algarrobo *Prosopis Pallida***

Anexo 2.1. Espectrofotómetro Thermo Evolution 60S

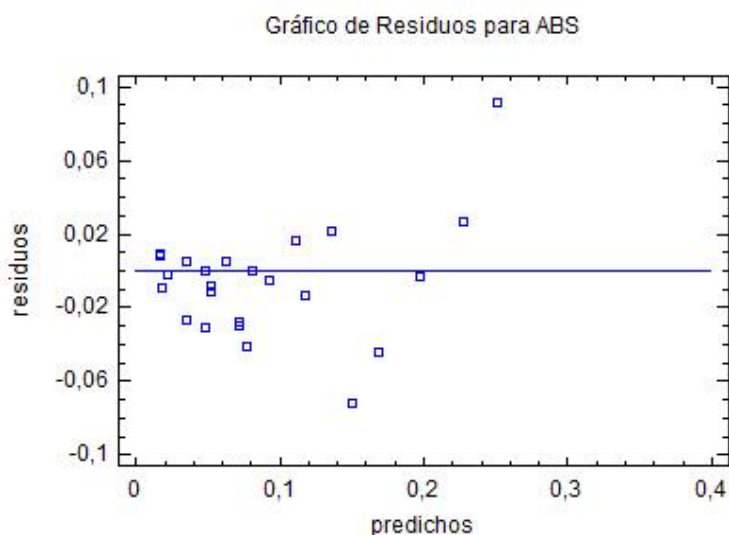


Anexo 2.3 Equipo destilador por arrastre de vapor para recuperar solventes



### Anexo 3. Resultados obtenidos del análisis ANOVA

#### Anexo 3.1. Gráfico de Residuos para ABS



#### Anexo 3.2. Tabla de medias por Mínimos Cuadrados para ABS con intervalos de confianza del 95,0 %

**Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para ABS con intervalos de confianza del 95,0%**

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Limite Inferior	Limite Superior
MEDIA GLOBAL	30	0,0684			
<b>CONCENTRACIONES</b>					
0,1	6	0,0205	0,0148258	-0,0104261	0,0514261
0,25	6	0,0378333	0,0148258	0,00690726	0,0687594
0,5	6	0,0663333	0,0148258	0,0354073	0,0972594
0,75	6	0,0965	0,0148258	0,0655739	0,127426
1	6	0,120833	0,0148258	0,0899073	0,151759
<b>SOLVENTES</b>					
A-E.	5	0,0652	0,0162408	0,0313222	0,0990778
A.	5	0,1988	0,0162408	0,164922	0,232678
AG.	5	0,0242	0,0162408	-0,00967781	0,0580778
E.	5	0,0832	0,0162408	0,0493222	0,117078
ET.	5	0,0196	0,0162408	-0,0142778	0,0534778
H.	5	0,0194	0,0162408	-0,0144778	0,0532778

#### El StatAdvisor

Esta tabla muestra la media de ABS para cada uno de los niveles de los factores. También muestra los errores estándar de cada media, los cuales son una medida de la variabilidad en su muestreo. Las dos columnas de la extrema derecha muestran intervalos de confianza del 95,0% para cada una de las medias. Pueden desplegarse estas medias e intervalos seleccionado Gráfico de Medias de la lista de Opciones Gráficas.

### Anexo 3.3. Pruebas de Múltiple Rangos para ABS por CONCENTRACIONES.

#### Pruebas de Múltiple Rangos para ABS por CONCENTRACIONES

Método: 95,0 porcentaje LSD

CONCENTRACIONES	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0,1	6	0,0205	0,0148258	X
0,25	6	0,0378333	0,0148258	XX
0,5	6	0,0663333	0,0148258	XX
0,75	6	0,0965	0,0148258	XX
1	6	0,120833	0,0148258	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0,1 - 0,25		-0,0173333	0,0437361
0,1 - 0,5	*	-0,0458333	0,0437361
0,1 - 0,75	*	-0,076	0,0437361
0,1 - 1	*	-0,100333	0,0437361
0,25 - 0,5		-0,0285	0,0437361
0,25 - 0,75	*	-0,0586667	0,0437361
0,25 - 1	*	-0,083	0,0437361
0,5 - 0,75		-0,0301667	0,0437361
0,5 - 1	*	-0,0545	0,0437361
0,75 - 1		-0,0243333	0,0437361

\* indica una diferencia significativa.

#### El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 6 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

### Anexo 3.4. Análisis de Varianza para ABS – Suma de Cuadrados Tipo III

#### Análisis de Varianza para ABS - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACIONES	0,0406312	4	0,0101578	7,70	0,0006
B:SOLVENTES	0,119848	5	0,0239695	18,17	0,0000
RESIDUOS	0,0263764	20	0,00131882		
TOTAL (CORREGIDO)	0,186855	29			

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

#### El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de ABS en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre ABS con un 95,0% de nivel de confianza.

## GLOSARIO

**ANOVA.-** Es el acrónimo empleado para el Análisis de la Varianza con un Factor, es utilizado principalmente en la estadística.

**Bases Púricas.-** Son también llamadas bases nitrogenadas adenina y guanina contienen dos anillos; mientras que citosina y timina contienen un solo anillo, y se denominan bases pirimídicas.

**Ceratonía siliqua.-** También conocida como algarrobo es una especie arbórea de la familia de las fabáceas originaria de la Cuenca del Mediterráneo.

**Curtidurías.-** También conocido como o tenería es el lugar donde se realiza el proceso que convierte las pieles de los animales en cuero.

**Lixiviación.-** Extracción de la materia soluble de una mezcla mediante la acción de un disolvente líquido.

**Mata Cándida.-** Especie de vegetal precursora de la candidiasis es provocada por el desarrollo excesivo de un tipo de hongo llamado candida albicans. El término médico para una infección de candidiasis se llama candidiasis oral. Si bien el candida forma parte de los organismos naturales de tu cuerpo, en ocasiones el equilibrio normal se ve alterado, lo que hace que las células del hongo se desarrollen con facilidad. La candidiasis oral causa manchas blancas con apariencia cremosa en tu lengua y en el interior de tus mejillas.

**Métodos de Soxhlet.-** Son métodos que consisten en la extracción de componentes de alguna especie vegetal, su nombre proviene de su inventor o descubridor el químico alemán Franz von Soxhlet.

**Mimosoideae.-** Es una subfamilia de plantas pertenecientes a la familia de las leguminosas (Fabaceae). Su nombre procede del género tipo, Mimosa. Especies muy conocidas pertenecen a las Mimosóideas, tales como las verdaderas acacias, las mimosas o sensitivas, los ingáes, timbóes y plumerillos, los aromos, tuscas, garabatos, espinillos y algarrobos.

**Pinnado.-** O pinado, es un término botánico, ya empleado por Linneo, que designa aquellos órganos foliáceos o laminares que poseen foliolos más o menos numerosos, siempre más de tres a los lados de un eje principal, a modo de las barbas de las plumas.

**Prosopis.-** Es un género de cerca de 45 especies de leguminosas en forma de árboles o arbustos espinosos, de regiones subtropicales y tropicales de América, África y el sudoeste de Asia. Prosperan en suelo árido y resisten sequías, desarrollando sistemas radiculares extremadamente profundos. Su madera es dura, densa y durable. Sus frutos son legumbres y pueden tener alta concentración de azúcar. La mayoría de Prosopis son especialmente resistentes a la salinidad y dado que estos terrenos aumentan sin cesar por una descuidada irrigación, son unos buenos candidatos para aprovechar esta clase de terrenos.