



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



TESIS:

PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

QUÍMICO FARMACÉUTICO

CARACTERIZACIÓN DE EXTRACTOS DE SEMILLAS
DE *Moringa oleífera* Y SU EFICACIA PARA
DISMINUIR LA DUREZA DEL AGUA POTABLE

AUTORES:

BACH. CAPCHA NIETO JORGE VICTOR

BACH. CABRERA TOLEDO JAIME ALEXANDER

ICA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis padres por ser el apoyo incondicional que todo hijo necesita. A mis hermanos Kevin y Leslie quienes siempre estuvieron presentes para darme su mensaje de aliento y muestras de apoyo.

A mis abuelos “Papito Lito”, “Mamita Dora” y “Mama María” quienes me vieron crecer y hoy están orgullosos de este importante paso en mi vida.

A mi tío Enrique quien desde el cielo me protege y guía los pasos de mi vida.

A Mayvor, mi pareja quien ha estado en los buenos y malos momentos dándome su apoyo.

Jorge

DEDICATORIA

A Dios, mi padre, quien en mí todo lo ve y puede, Único ser omnipotente que me dio la sabiduría necesaria para concluir con éxitos mis estudios profesionales.

A Jesucristo nuestro Salvador.

A mi madre gracias por tu apoyo sin condiciones, por tu paciencia y sabios consejos para inculcarme valores.

A mi padre trabajador indismayable, aportador del sustento económica necesario que permitió mi crecimiento desarrollo y formación profesional.

A mis abuelos, excelentes consejeros, a mis hermanos siempre en las buenas y en las malas felicitándome y apoyándome.

A la plana docente de la Facultad de Farmacia y Bioquímica gracias por sus enseñanzas.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por sus dádivas y permitirnos estar presentes en todo acontecimiento.

A la familia farmacéutica: Personal docente, no docente y compañeros de estudios, coparticipes de mis recuerdos y anécdotas. Siempre apoyándome en las buenas y en las malas para vencer obstáculos y tener camino en la vida

*A mi director de tesis, **Mg. Unfredo Pabel Apumayta Vega** quien compartió sus conocimientos y experiencia en el desarrollo y culminación de esta tesis.*

Jorge

AGRADECIMIENTOS

A Jehová Dios siempre a su lado obtengo lo necesario para seguir adelante.

A mi alma mater: Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” de Ica, docentes y personal administrativo que influyeron positivamente en mi juventud y desarrollo profesional.

A mis compañeros y amigos siempre estarán presentes en mis recuerdos por nuestras vivencias y anécdotas.

Al director de este trabajo Mag. Unfredo Apumayta Vega por guiarnos hasta la culminación de esta tesis

A mis familiares que brindaron su apoyo para mi estancia como estudiante que hoy culmina exitosamente con mi sustentación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	15
1.4. OBJETIVOS.....	16
1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES... ..	17
CAPÍTULO II.....	19
BASES TEÓRICAS	19
2.1. ANTECEDENTES.....	19
2.2. MARCO TEÓRICO.....	24
2.2.1. MORINGA OLEÍFERA.....	24
2.2.2. AGUA.....	36
CAPÍTULO III.....	48
METODOLOGÍA ^{46,47,48,49,50,51,52,53}	48
3.1. MATERIAL.....	48
3.2. MÉTODOS.....	49
3.2.1 TRATAMIENTO A LA ESPECIE ESTUDIADA	49

3.2.2 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL SECO Y MOLIDO.	49
1. Caracterización organoléptica.	49
2. Determinación de Humedad.	50
3. Determinación de cenizas.	51
3.2.3. OBTENCIÓN DE EXTRACTOS.....	52
3.2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS EXTRACTOS.....	56
3.2.5 DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE POLIFENOLES	60
3.2.6 DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA.....	64
CAPÍTULO IV	70
RESULTADOS.	70
4.1 Resultados.....	70
4.1.1. Del material estudiado.	70
4.1.2. De la obtención de semillas.	70
4.1.3. De las características de las semillas secas y molidas.....	70
4.1.4. De la obtención de extractos.	70
4.1.5. De la caracterización de los extractos	71
4.1.6. De la determinación cuantitativa de fenoles totales (FT)	74
4.1.7 De la determinación de la capacidad de los extractos etanólicos y acuoso 10% de Moringa oleífera para reducir la dureza del agua potable.	79
4.2 Discusión.....	85
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES.....	89
FUENTES DE INFORMACION.....	90
ANEXO.	96

RESUMEN

*El presente trabajo contiene un estudio sobre la especie vegetal **Moringa Oleífera** (Árbol de la Vida) que crece en el distrito de Humay de la provincia de Pisco de nuestra región. De las vainas de esta especie vegetal obtuvimos sus semillas que unas vez secas se les desprendió su cutícula y a este material se le somete a una molienda manual obteniéndose un producto que es sometido a un análisis organoléptico determinándose: su color crema, de olor apreciable, sabor dulzaino, picante y astringente con un aspecto de material pulverulento. Además este material seco y molido es sometido a un análisis para determinar su humedad y cenizas cuyos resultados fueron 6.48 y 6.17 % respectivamente. Asimismo de este mismo material se obtiene extractos por el método de maceración haciendo uso de solventes de polaridad creciente: éter de petróleo, etanol y agua. También se obtuvo extracto etanólico directo por el método de maceración y extracto acuoso al 10 % por el método de cocción por 5 minutos. A partir del extracto acuoso por partición con solvente se obtiene el extracto acetato de etilo. A todos los extractos se les evaluó su % de rendimiento y se utilizaron para determinar qué tipo de metabolitos secundarios están presentes en el material estudiado; determinándose la presencia de compuestos de naturaleza fenólica, flavonoides, triterpenos esteroidales y saponinas. A los extractos éter de petróleo, etanólico de polaridad creciente, etanólico directo, acuoso y acetato de etilo se les determina su contenido de fenoles totales mediante el Reactivo de Folin – Ciocalteu y el resultado se expresa como mg de fenoles totales equivalentes a mg de ácido gálico /100mL reportándose valores de 45.76 – 147.93 en los extractos mencionados.*

A los extractos: acuoso directo y etanólico directo se les investiga su capacidad para reducir la dureza total del agua potable con la que se preparó agua turbias artificiales con 5, 10, 20, 40 y 80 UNT; utilizando el método volumétrico de complexometría se determina la dureza basal del agua en estudio, la dureza total basal de las aguas turbias artificiales

preparadas con 5, 10, 20, 40 y 80 UNT antes de ser tratadas con 6 mL de extracto/100 mL y después del tratamiento. En todos los casos se determina primero la dureza total es decir de calcio y magnesio y en un mismo volumen de muestra analizada se determina solo la dureza de calcio; la diferencia de estas determinaciones nos permitió conocer la dureza de calcio y magnesio respectivamente. Los resultados de esta parte del trabajo nos indican que el extracto acuoso 10% utilizado a razón de 6 mL/100 mL de agua tratada tiene mejor capacidad para disminuir la dureza del agua turbia artificial y que a menor turbiedad la remoción de la dureza total es mayor. Para agua con 5 UNT de turbiedad y dureza total basal de ppm de CaCO_3 de 169.4 y dureza basal total de ppm de MgCO_3 basal de 18.30, después del tratamiento con extracto acuoso la dureza bajo a 22.59 ppm de CaCO_3 y 2.43 ppm de MgCO_3 mientras el extracto etanólico disminuye las durezas basales totales a valores de 38.44 ppm de CaCO_3 y 6.09 ppm de MgCO_3 . Para agua con 80 UNT de turbiedad y dureza total basal de ppm de CaCO_3 de 209.7 y dureza basal total de ppm de MgCO_3 basal de 21.33, después del tratamiento con extracto acuoso la dureza bajo a 52.55 ppm de CaCO_3 y 5.65 ppm de MgCO_3 mientras el extracto etanólico disminuye las durezas basales totales a valores de 70.30 ppm de CaCO_3 y 12.41 ppm de MgCO_3 .

ABSTRACT

The present work contains a study about the plant species Moringa Oleifera (Tree of Life) that grows in the Humay district of the Pisco province of our region. From the pods of this plant species we obtained their seeds that once dry their cuticle was removed and this material is subjected to a manual milling obtaining a product that is subjected to an organoleptic analysis determining: its cream color, appreciable smell, taste dulzaino, pungent and astringent with a powdery material appearance. In addition, this dry and ground material is subjected to an analysis to determine its humidity and ashes, whose results were 6.48 and 6.17% respectively. Also from this same material extracts are obtained by the maceration method making use of solvents of increasing polarity: petroleum ether, ethanol and water. Direct ethanolic extract was also obtained by the maceration method and 10% aqueous extract by the cooking method for 5 minutes. The ethyl acetate extract is obtained from the aqueous extract by solvent partition. All extracts were evaluated for their % yield and used to determine what type of secondary metabolites are present in the material studied; Determining the presence of phenolic compounds, flavonoids, steroidal triterpenes and saponins. Petroleum ether, ethanolic, increasing polarity, direct ethanolic, aqueous, and ethyl acetate extracts are determined for their total phenol content by the foling-Ciocalteu reagent and the result is expressed as mg of total phenols equivalent to mg of acid Gallic / 100 ml, with values of 45.76 - 147.93 in the mentioned extracts. The extracts: direct aqueous and direct ethanolic are investigated their capacity to reduce the total hardness of the drinking water with which artificial turbid water was prepared with 5, 10, 20, 40 and 80 UNT; using the volumetric method of complexometry, the basal hardness of the water under study is determined, the total basal hardness of the artificial turbid waters prepared with 5, 10, 20, 40 and 80 UNT before being treated with 0.6 ml of extract / 100 ml and after the treatment. In all cases, the total hardness is determined first, that is to say calcium and magnesium and in the same volume of sample analyzed, only the calcium

hardness is determined; the difference of these determinations allowed us to know the hardness of calcium and magnesium respectively. The results of this part of the work indicate that the 10% aqueous extract used at a rate of 0.6 ml / 100 ml of treated water has a better ability to reduce the hardness of artificial turbid water and that the lower the turbidity, the removal of the total hardness is higher. For water with 5 NTU of turbidity and total basal hardness of ppm of CaCO_3 of 169.4 and total basal hardness of ppm of basal MgCO_3 of 18.30, after treatment with aqueous extract, the low hardness to 22.59 ppm of CaCO_3 and 2.43 ppm of MgCO_3 while the Ethanolic extract decreases total basal hardness to values of 38.44 ppm of CaCO_3 and 6.09 ppm of MgCO_3 . For water with 80 NTU of turbidity and total basal hardness of ppm of CaCO_3 of 209.7 and total basal hardness of ppm of basal MgCO_3 of 21.33, after treatment with aqueous extract the hardness low at 52.55 ppm of CaCO_3 and 5.65 ppm of MgCO_3 while the Ethanolic extract decreases total basal hardness at values of 70.30 ppm of CaCO_3 and 12.41 ppm of MgCO_3 .

INTRODUCCIÓN.

*En los procesos de producción se generan desechos que mayoritariamente son desperdiciados. El desarrollo de la agroindustria es una necesidad en plena emergencia y debe estar alerta para la propuesta de nuevos cultivos que rindan dividendos económicos y a la vez no perjudiquen el medio ambiente. En nuestro medio crece diversidad de cultivos algunos de los cuales ya son de interés industrial cuyos frutos se procesan y exportan generando trabajo y desarrollo social en las provincias. Sin embargo es necesario ir buscando alternativas para nuevos cultivos o reemplazar a aquellos que la competencia les alcance y ya no sean rentables. La **Moringa oleífera** es un árbol de crecimiento rápido, que crece en zonas tropicales y subtropicales, es bastante resistente a la sequía y a temperaturas ambientales altas y se viene cultivando en varias partes del mundo por las variadas aplicaciones que presenta. De este árbol se aprovecha las hojas, frutos, vainas, corteza, flores, semillas y raíz para el tratamiento de diferentes afecciones, por lo que también se le denomina árbol milagro o árbol de la vida. Todas las partes de este árbol, en otra parte del mundo, son aprovechadas de una u otra forma como por ejemplo sus hojas y vainas como forraje. La corteza, hojas y raíz por su alto contenido de compuestos químicos con propiedades antioxidantes útiles en el tratamiento de disfunciones degenerativas como diabetes y cáncer. De las semillas se extrae aceite de muy buena calidad y con un promisorio rendimiento dejando una torta o residuo que se aprovecha como coagulante para aclarar aguas turbias en reemplazo del sulfato de aluminio; para este mismo residuo se reporta actividad bio-sorbente de metales pesados, capacidad para reducir la dureza del agua. Además el aceite es rico en ácidos grasos insaturados y se le ha propuesto para su uso estabilizador de aceites esenciales y como bio-combustible. Son tantas las utilidades de esta planta que merece ir prestando atención en su aprovechamiento, más aun sí sobre nuestra región pesa los escasos de agua para los cultivos. Estas informaciones registradas para esta especie*

vegetal originaron el desarrollo de la tesis “Caracterización de extractos de semillas de **Moringa oleífera** y su eficacia para disminuir la dureza del agua potable”, trabajo que desarrollamos con semillas procedentes de nuestra región en los Laboratorios de Química Analítica y Análisis por Instrumentación de la Facultad de Farmacia y Bioquímica con el propósito de ir demostrando los posibles usos que pudiera tener esta especie vegetal en caso de industrializarse su cultivo. Y nos planteamos la tarea de demostrar que el material seco que queda después de separar el aceite de las semillas tiene la capacidad de disminuir la dureza del agua potable.

Este trabajo lo presentamos en IV capítulos. El primero contiene el problema, su planteamiento, la importancia y justificación del estudio y las hipótesis que nos planteamos. En el siguiente capítulo presentamos el marco teórico utilizado que permitió desarrollar el tema. En el tercer capítulo se describe la metodología utilizada para demostrar la hipótesis planteada así como las actividades desarrolladas para cumplir con los objetivos trazados. En el capítulo cuarto se presenta la discusión, conclusiones y recomendaciones que se desprenden de nuestra labor realizada. Finalmente presentamos las referencias bibliográficas que de una u otra manera nos ayudó a desarrollar y concluir nuestra labor.

Esperamos haber contribuido con un estudio sobre las semillas de **Moringa oleífera** sin cutícula secas y molidas y que se tenga en cuenta que tan solo esta parte de la planta ya hace promisorio a especie vegetal como un cultivo que debe de seguirse investigando para su industrialización.

Los autores

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

El agua es el elemento fundamental de toda vida. Se encuentra en la naturaleza en diversas formas y características y cada una de ellas tiene su función dentro del gran ecosistema que es nuestro planeta Tierra. La que nos interesa, principalmente, para los usos humanos, es en forma líquida y la conocida como agua dulce, en la cual existe una gama de componentes en disolución en pequeñas proporciones, que la hace más o menos apta para los distintos usos, para lo cual se han desarrollado una serie de normas que definen la calidad y tratan de regularla, desde el agua para el consumo directo o agua potable hasta el agua para usos industriales.⁽¹⁾ El término dureza del agua se refiere a la cantidad de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua. Estos minerales tienen su origen en las formaciones rocosas calcáreas, y pueden ser encontrados, en mayor o menor grado, en la mayoría de las aguas naturales. A veces se dá como límite para denominar a un agua como dura con una dureza superior a 120 mg CaCO₃/L.

La dureza del agua se reconoció originalmente por la capacidad que tiene el agua para precipitar el jabón. La dureza de las aguas naturales es producida sobre todo por las sales de calcio y magnesio y corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos excepto los metales alcalinos y el ion hidrógeno.⁽²⁾ Otros cationes divalentes también contribuyen a la dureza como son, estroncio, hierro y manganeso, pero en menor grado

La dureza temporal se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio y puede eliminarse por ebullición, o por la adición del hidróxido de calcio (Ca(OH)₂). La dureza permanente no puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia

del sulfato y/o cloruros de calcio y magnesio que son más solubles. Puede ser eliminada utilizando procesos químicos. Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de zeolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua.⁽³⁾

Toda nuestra localidad se surte de agua de pozo y de una zona a otra la dureza del agua es completamente diferente y cada quien se ve obligado a diferentes tratamientos para mantener una vida sin los problemas que acciona el agua dura, por ejemplo las aguas duras no cocinan las menestras, no disuelven el jabón y causas incrustaciones en los recipientes donde se hierven lo cual cada vez obliga a mayores gasto de energía calorífica para alcanzar el punto de ebullición del agua debido a que las incrustaciones son malas conductoras del calor. Si de Moringa oleífera se logra obtener un producto de uso casero capaz de ablandar el agua, se eliminarían los inconvenientes del uso de aguas duras.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El problema queda enmarcado en la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las características de los extractos de semillas de Moringa Oleífera y cuál es su eficacia para disminuir la dureza del agua potable?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

La ejecución del presente proyecto es importante porque:

1º De demostrarse que alguno de los extractos de las semillas de Moringa oleífera es capaz de disminuir la dureza del agua potable podría proponerse su uso domiciliario no sin antes descartar los efectos adversos de este uso.

2° El uso masivo de extracto de semillas de Moringa oleífera conllevaría al incremento de áreas de cultivo de esta especie vegetal más aun conociéndose que es un cultivo que resiste altamente a las condiciones adversas para el desarrollo de la mayoría de cultivos.

3° Se abrirían nuevas oportunidades de investigación para el aprovechamiento de las otras partes de este cultivo cuyas revisiones bibliográficas la sindicaron como muy promisorio por múltiples aplicaciones.

El desarrollo del tema propuesto se justifica por las razones siguientes:

1°. Es recomendable iniciar estudios para la búsqueda de nuevas actividades económicas.

2°. Moringa oleífera es una especie vegetal que puede crecer en nuestro medio.

3° En nuestro medio no existe trabajo de investigación que dé a conocer los usos de esta especie vegetal para disminuir la dureza del agua potable.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

-Determinar cuáles son las características de los extractos de semillas de Moringa Oleífera y cuáles son sus eficacias para el ablandamiento de agua dura.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Obtener y caracterizar extractos:

Éter de petróleo, etanólico, acuoso del mismo material de partida (M1) y etanólico Extracto acuoso y extracto acetato de etilo (M2).

-Determinar la eficacia para el ablandamiento del agua dura de los extractos:

Éter de petróleo, etanólico y acuoso del mismo material de partida (M1 y M2)

1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1 HIPÓTESIS PRINCIPAL

Los extractos de semillas de Moringa oleíferas se caracterizan por tener compuestos fenólicos con eficacia para disminuir la dureza del agua potable.

1.5.2 HIPÓTESIS SECUNDARIAS

De las semillas de Moringa oleíferas se obtienen extractos con compuestos químicos de naturaleza fenólica.

Los extractos de semillas de Moringa oleífera tienen la capacidad de disminuir la dureza del agua potable.

1.5.3 VARIABLES

Variable independiente:

Semillas de Moringa Oleífera

Variables dependientes:

Extractos de Moringa oleífera

Ablandamiento del agua dura

1.5.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Posición de la variable	Nominación de la variable	Indicador	Índice
<i>Variable independiente</i>	-Semillas y extractos de Moringa oleífera	<i>Características morfológicas</i> <i>Rendimiento</i> <i>Solubilidad</i>	-Color, aspecto, sabor, olor % %
<i>Variable dependiente</i>	-Extractos de <i>Moringa oleífera</i> -Ablandamiento del agua dura	-Características morfológicas. -Rendimiento -Dureza	-Color, olor, sabor, aspecto y % -mg CaCO ₃ -mg MgCO ₃

CAPÍTULO II

BASES TEÓRICAS

2.1. ANTECEDENTES.

Algunos estudios científicos realizados sobre la especie vegetal Moringa oleífera son los realizados por:

MARTIN C⁴ (2013). Menciona que, Moringa oleífera es un árbol originario de la India al que se le atribuyen múltiples beneficios para el bienestar humano. Es de crecimiento rápido, de relativamente poca exigencia hacia el suelo y se cultiva en toda la franja intertropical. Uno de los principales usos de sus hojas y de la torta de prensado de su semilla es la formulación de raciones para la alimentación animal. Sin embargo, prácticamente todas las partes del árbol tienen diversas aplicaciones, sobre lo cual existen testimonios que se remontan a la antigüedad. En este trabajo se hace una revisión de la literatura disponible sobre la utilización de esta planta. Se presentan distintos campos de aplicación de M. oleífera a la luz del creciente interés científico que ha generado en los últimos lustros. Indica que los extractos de las semillas pueden ser usados en terapias antioxidantes para disminuir la genotoxicidad del arsénico y otros metales pesados en lo que desempeñan un papel significativo varios fitoquímicos con poder antioxidante y quelatante. Los coagulantes naturales de la semilla de moringa, su alto contenido de aminoácidos como metionina y cisteína, y de antioxidantes como las vitaminas C y E, y β -caroteno son los responsables de la remediación del estrés oxidativo inducido por el arsénico.

Anwar F⁵ (2005). Determinó que el contenido de extracto hexánico de Moringa oleífera de Pakistán oscila entre 33.23 – 40.90%. Los contenidos de proteínas, fibra, humedad y cenizas fueron de 28.52–34.00, 6.52–7.50, 5.90–7.00 y 6.52–7.50%, respectivamente. Reporta

la presencia de tocoferoles, campesterol estigmasterol, β -sitosterol y Δ 5-avenasterol.

Bhatnagar A⁶ (2013). Reporta que las semillas de M. oleífera están dotadas de un buen contenido de aceite en promedio 39% y evaluó los antioxidantes naturales de aceites crudos de semillas de M. oleífera variedad de Jaffna. Reportando la presencia de tocoferoles y fenoles con una cuantía de 117 ppm.

Gómez⁷ (2016). Reporta que la Moringa oleífera es una planta que se utiliza como materia prima en diferentes industrias, como la alimentaria, farmacéutica y cosmética. Una de las partes aprovechables del árbol es la semilla debido a su contenido entre un 30 y 45 % de aceite. Sus propiedades terapéuticas potencian su uso en el tratamiento de más de 300 enfermedades. Caracterizó el aceite extraído de las semillas de Moringa oleífera de las variedades de origen cubano Supergenious, Plain y Nicaragua. A partir de extracciones sólido-líquido con hexano y etanol como disolventes y por el método de prensado mecánico. Se demostró que el método de prensado es eficiente, económico y no influye en las propiedades del producto obtenido.

OgBunugafor⁸ (2011). Trabajó con semillas de Moringa Oleífera precedentes del sur de Nigeria y reporta un rendimiento de 41.47% de aceite de estas semillas con un contenido de fenoles totales de 40.87 mg(EAG)/g, de flavonoides (Equivalente a rutina).

Mani S⁹ (2007). Realizó un estudio para determinar las condiciones óptimas para obtener aceite de semillas de Moringa oleífera determinado rendimientos de 33.1% con solvente hexano, 31.8% con éter de petróleo y 31.1% con acetona. Para el extracto hexanico las condiciones fueron: tamaño de partícula 0.62 mm, temperatura de extracción 56.5 °C y por un tiempo de 7 horas.

Govardhan R¹⁰ (2013). Investigó los compuestos fenólicos, las actividades antioxidantes y antibacterianas de la harina de semilla de *Moringa oleífera* (DMF) desgrasada. Los contenidos fenólicos y flavonoides totales se midieron utilizando métodos colorimétricos. Los perfiles de ácido fenólico libre y flavonoides se analizaron mediante cromatografía líquida de alto rendimiento, mientras que las capacidades antioxidantes se evaluaron utilizando ensayos de eliminación del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH), poder antioxidante reductor férrico y capacidad antioxidante total. Los resultados muestran un contenido de compuestos fenólicos de 4173.00 ± 32.22 mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/100 g con una actividad antioxidante expresada como CI_{50} para inhibir la actividad de captación de radicales del DPPH fue de $14,9 \pm 0,07$ mg/mL para el extracto fenólico. Concluyendo que estos compuestos fenólicos naturales de las semillas de *Moringa* podrían ser una buena fuente de antioxidantes y antibacterianos para las industrias alimentarias y farmacéuticas.

Shailaja A¹¹. Obtuvo extracto éter de petróleo y etanólico a partir de semillas de *Moringa oleífera* por el método de soxhlet reportando la presencia de alcaloides, flavonoides, glicósidos esteroidales, vitaminas y aminoácidos.

Nepolean P¹² (2009). Estudió la actividad antimicrobiana de extractos de hojas y semillas de *Moringa oleífera* reportando la presencia en extracto etanólico de semillas de taninos, saponinas, flavonoides, terpenoides y esteroides.

Leone A¹³ (2016). Indica que las semillas de *Moringa oleífera* son un recurso prometedor para aplicaciones alimentarias y no alimentarias, debido a su alto contenido de ácidos grasos mono insaturados y presencia de esteroides y tocoferoles, así como proteínas ricas en aminoácidos sulfatados. A pesar del uso relativamente difuso de las

semillas de Moringa y su aceite en la medicina tradicional, no se ha realizado ningún estudio de actividad farmacológica en humanos. Realizan una revisión crítica de los datos de la literatura sobre la composición del aceite de Moringa ha puesto en marcha un plan para futuras investigaciones e informan de la presencia de metabolitos secundarios del tipo alcaloides, glicósidos, compuestos fenólicos y flavonoides.

Rondón M¹⁴ (2017). Propone el uso de coagulantes naturales para el tratamiento de residuales líquidos en Cuba. Debido a los altos precios de los coagulantes químicos y la escasez de materias primas para producirlos nacionalmente. Para su trabajo utilizó el residuo de Moringa oleífera que queda después de la extracción del aceite. Trató agua residual de una planta municipal, determinando parámetros indicadores de calidad de los residuales líquidos. La demanda química de oxígeno obtenida fue de 80 mg/L con una dosis de coagulante de 69,70 mg/L, lográndose una reducción superior al 90% asimismo se modificó los contenidos de sólidos, dureza, alcalinidad y fósforo en la muestra producto evaluado. Concluyendo que hay ventajas ambientales, económicas y sociales por el uso del residuo de Moringa. Para disminuir la dureza del agua concluye que la mejor dosis es 149.736 mg/L con lo que se obtiene una reducción de la dureza de 80.18%.

Murillo J¹⁵ (2017). Evaluó el efecto de una cucharadita de polvo de semillas de Moringa oleífera/10 litros de agua de consumo con una dureza basal de 524.8 ppm de CaCO₃ después de una agitación y reposo el agua tratada disminuyo su dureza a 122.4 ppm demostrando una efectividad 76.67% en la reducción de la dureza total del agua estudiada.

Villareal A¹⁶ (2014). Presenta una revisión sobre Moringa oleífera y señala los beneficios que aporta esta especie a la humanidad en

materia de usos médicos, químicos y agrícolas, se puede destacar forraje animal, biogás, productos de limpieza doméstica, productos cosméticos y medicinales, purificación del agua, entre otros y si la Moringa oleífera es un alimento nutritivo se tendría un poderoso recurso natural para combatir la desnutrición infantil y familiar, especialmente en poblaciones vulnerables.

Marrero D¹⁷ (2014). Encontraron que los principales ácidos grasos fueron: el oleico (C18:1; 73,1%), palmítico (C16:0; 7,4%) y docosanoico (C22:0; 5,8%), mientras que otros 19 ácidos grasos. Indicando que estos resultados sobre la composición química del aceite de las semillas de la especie M. oleífera, pudieran contribuir a establecer su posible utilidad nutricional.

Garcia-Fayos B¹⁸ (2012). Estudió la valorización de residuos vegetales (cáscaras y carbón activado) procedente de Moringa oleífera) como bio adsorbentes para la eliminación de metales pesados Ni, Cu y Cd de agua sintética. Se estudió los efectos del tiempo de contacto, dosis de adsorbente, pH y temperatura. Determinando porcentajes de eliminación superiores al 93%, 96% y 95% para Ni, Cu y Cd, respectivamente. Señala que los resultados obtenidos muestran el gran potencial de la utilización de los bio adsorbentes obtenidos a partir de Moringa oleífera en la descontaminación de efluentes líquidos con elevada concentración de metales pesados.

Liñan F¹⁹ (2010). Realizó una revisión sobre Moringa oleífera señalando que esta especie vegetal durante muchos años ha brindado diferentes alternativas nutricionales en diferentes campos de la agricultura y la salud, ya que gran parte de sus fuentes como hojas, tallo, semillas, raíces, fruto y flor son usados como complemento nutricional por sus altos contenidos de vitaminas, hierro, fósforo,

aminoácidos, proteínas, calorías y carotenos. Señala que en los últimos años se ha mostrado que esta planta proporciona compuesto biodisel para el funcionamiento de grandes máquinas y automóviles, y extractos con propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, antiparasitarias, entre otras propiedades.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. MORINGA OLEÍFERA

a) Origen e historia

Es originario del sur del Himalaya, el noreste de la India, Afganistán, Bangladesh y Pakistán. Actualmente se distribuye en gran parte del mundo, en Centroamérica se introdujo como especie ornamental y para cercos vivos en los años 20; los indios ilustrados sabían que las semillas servían para producir aceite, y las usaban también con propósitos medicinales. Es probable que la gente común conociera también los usos de la moringa como forraje y hortaliza. Los romanos, griegos y egipcios, conocían la moringa, de la que extrajeron el aceite de las semillas para proteger la piel, en perfumes y en ungüentos para el embalsamamiento. En Egipto, era muy frecuente su presencia en jardines.

Existen referencias que desde mediados del siglo XIX se usó como alimento y como cerco vivo en las Antillas francesas, Cuba, Trinidad y Nicaragua. Se cree también que fue introducida en América por el intercambio de plantas realizado por los españoles con la Nao de Filipinas, Es probable que la planta haya llegado a territorio mexicano por primera vez gracias a marineros filipinos durante los viajes de la Nao de China, que cubría la ruta entre Manila y

Acapulco. Y desde aquí se extendió a otras partes del continente.²⁰

b) Clasificación taxonómica

A la fecha, según el *Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2015)* la clasificación taxonómica²¹ de *M. oleífera* reconocida es la siguiente:

Reino: *Plantae*

Subreino: *Viridiplantae*

Infrareino: *Streptophyta*

Superdivisión: *Embriophyta*

División: *Tracheophyta*

Subdivisión: *Spermatophytina*

Clase: *Magnoliopsida*

Superorden: *Rosanae*

Orden: *Brassicales*

Familia: *Moringaceae*

Género: *Moringa*

Especie: *Moringa oleífera Lam.*

c) Nombres comunes

Se le conoce con el nombre común *marango*, *palo jeringa*, *ben*, *acacia* y *jazmín francés*, *paraíso blanco*, *acacia*, *árbol de las perlas*, *Chinto borrego*, *flor de Jacinto*, *Jacinto*, *paraíso de España*, *paraíso extranjero*, *paraíso francés*, *perlas*, *perlas de oriente*, *San Jacinto*, *libertad*, *árbol de*

*mostaza, teberindo, teberinto, árbol rábano picante, maringa calalú, marango, marengo, ejote francés, moringa.*²²

d) Morfología

Sus hojas son pinnadas grandes, en donde cada hoja está dividida en varios folíolos dispuestos sobre un armazón llamado raquis.

Los frutos forman una cápsula larga y leñosa que cuando alcanza la madurez se abre lentamente en tres valvas que se separan una de la otra por su longitud, quedando pegadas sólo en la base del fruto.

Las semillas presentan tres alas longitudinales. La combinación de hojas pinnadas, frutos trivalvados y semillas con tres alas hace que sea muy fácil de reconocer una Moringa. Para asegurar la identificación, se pueden buscar las glándulas foliares características de esta familia, las cuales se encuentran en ambos lados flanqueando la base en el ápice del pecíolo y en la mayoría de las articulaciones del raquis.^{22,23}

e) Hábitat

*Esta especie vegetal crece en diferentes condiciones de suelo, precipitación y temperatura. En su hábitat natural crece hasta los 1,400 m de altitud, a lo largo de los ríos más grandes en suelos aluvionales y arenosos. La resistencia de Moringa a la sequía es tal que tolera una precipitación anual de 500 a 1,500 mm. Además crece en un rango de pH de suelo entre 4,5 y 8, excepto en arcillas pesadas, y prefiere suelos neutros o ligeramente ácidos.*²³

f) Usos de la moringa

Prácticamente todas las partes de la planta de M. oleifera tienen algún uso tradicional o industrial, desde las semillas, hasta las raíces. Así tenemos:

En la alimentación humana

Todas las partes de la planta tienen uso alimenticio. Las frutas, las hojas, las flores, las raíces y el aceite son altamente apreciados por su valor nutritivo y se utilizan para la elaboración de diferentes platos en la India, Indonesia, Filipinas, Malasia, el Caribe y en varios países africanos

Los frutos o vainas verdes inmaduras se consumen cocidos. Las vainas tiernas son comestibles y se usan en sopa, o se preparan a manera de espárrago. Las raíces tienen sabor picante como el rábano rústico y se usan como condimento en lugar de éste, las semillas maduras se tuestan y consumen como nueces, siendo su sabor dulce, ligeramente amargo y agradable; las almendras son oleaginosas, las hojas se comen como verdura o ensalada.

Al madurar, las vainas se tornan algo leñosas y pierden cualidades como alimentos. No obstante, las semillas pueden ser separadas de la vaina madura y utilizadas como alimento. Las semillas maduras se pueden preparar de manera similar a los guisantes; y también consumirse fritas, tostadas (como el maní), en infusiones y en salsas.

La actividad de coagulación de la leche por medio del extracto acuoso de las semillas, ha mostrado evidencias que sugieren que podría utilizarse para la preparación de quesos.^{20,24}

En la alimentación animal

Las hojas de Moringa constituyen uno de los forrajes más completos. Muy ricas en proteína, vitaminas y minerales y con palatabilidad excelente, las hojas son ávidamente consumidas por todo tipo de animales: rumiantes, camellos, cerdos, aves, incluso carpas, tilapias y otros peces herbívoros.

Esta planta presenta una alta productividad de materia verde comparada con otros pastos, representa una alternativa como ingrediente para sustituir parcialmente la harina de pescado en alimentos balanceados para tilapia, debido a su contenido de proteína y carbohidratos.²⁵

En aplicaciones farmacológicas

A la planta se le atribuyen múltiples propiedades farmacológicas, tales como antiescorbúticas, antiinflamatorias, antimicrobianas, cicatrizantes, diuréticas, purgantes, rubefacientes, estimulantes, expectorantes, febrífugas y abortivas. Medicinalmente se usan las hojas, corteza, raíces y semillas. Hay estudios que reportan que las hojas de la Moringa oleífera tienen usos purgativos: Aplicado como cataplasma para heridas, se frota en las sienes para dolores de cabeza, se utiliza para las hemorroides, fiebre, dolor de garganta, bronquitis, infecciones del oído y ojo, el escorbuto y el catarro. Además, el jugo de la hoja se cree que controla los niveles de glucosa.²⁶

La corteza del tallo puede tener uso vesicante, rubefaciente, se utiliza para curar enfermedades de los ojos y para el tratamiento de los pacientes delirantes, previene el agrandamiento del bazo y la formación de las glándulas

tuberculosas del cuello, ideal para destruir tumores y para sanar las úlceras. El jugo de la corteza de la raíz sirve para aliviar los dolores de oído y también se coloca en una cavidad del diente como un analgésico y, además, tiene propiedades anti tuberculosa. La goma del árbol se utiliza para tratar la caries dental, es astringente y rubefaciente; la goma mezclada con aceite de sésamo se utiliza para aliviar dolores de cabeza, fiebre, molestias intestinales, disentería, asma y algunas veces es utilizado como abortivo, y para el tratamiento de la sífilis y el reumatismo.²⁷

La flor contiene un alto valor medicinal como estimulante, afrodisíaco, colagogo, abortivo, y se utiliza para curar inflamaciones, enfermedades musculares, la histeria, los tumores, agrandamiento del bazo, baja el colesterol, fosfolípidos, triglicéridos y el índice aterogénico; disminuye el perfil de lípidos del hígado, el corazón y la aorta en conejos hipercolesterolémicos y el aumento de la excreción fecal de colesterol. El extracto de semilla reduce la per oxidación de lípidos del hígado.

El estudio de la química y la farmacología asociadas a sus atributos médicos es reciente y aún está en desarrollo. Y aunque muchos de sus beneficios terapéuticos han sido comprobados mediante rigurosas investigaciones in vitro e in vivo en modernos laboratorios, otros están pendientes de ser avalados por pruebas clínicas.^{4, 28}

En el Ablandamiento de aguas duras

La dureza del agua, que consiste en un alto contenido de sales que afecta la capacidad del jabón como agente de limpieza y provoca incrustaciones en las tuberías y en el equipamiento, lo que crea inconvenientes tanto a nivel industrial como doméstico. El proceso de remoción de los

iones metálicos del agua se conoce como ablandamiento y puede ser realizado por diferentes métodos, como precipitación química, intercambio iónico y nano-filtración, entre otros. La semilla de *M. oleífera* tiene la capacidad de eliminar iones de calcio, magnesio y otros cationes divalentes. Un estudio demuestra que el mecanismo de eliminación de las durezas es por adsorción de los iones solubles y su posterior precipitación, y que la eficiencia de la remoción es directamente proporcional a la dosis de moringa e independiente del pH del agua.²⁹

En la Adsorción de metales pesados

El uso de bio-sorbente en la adsorción metales pesados es la alternativa que últimamente se viene desarrollando, por la baja eficiencia de las tecnologías actualmente usadas. Semillas de *Moringa oleífera* de arbustos nativos de la provincia de Bushehr, sur de Irán después de ser secadas un 60 °C para posteriormente triturarlo y molerlo con la ayuda de un molino doméstico, fueron evaluadas para adsorber metales pesados, encontrándose que es un bio-sorbente relativamente eficiente para la eliminación de metales pesados de soluciones acuosas.³⁰

Como floculante de agua turbias

Se ha empleado con eficacia para la limpieza de agua del Nilo específicamente para el consumo humano para esto un paño que contiene el polvo de semilla se suspende en agua, generalmente durante la noche, para coagular las impurezas. Luego se retira el paño que contiene las semillas, y el agua purificada se decanta dejando atrás las partículas coaguladas en la parte inferior. Se pueden retirar hasta un 99% de los coloides. Sólo se requiere una semilla por litro de agua ligeramente contaminada y dos semillas para el agua

*muy sucia. Con la eliminación de la turbidez va acompañada de la suspensión de las bacterias indicadoras de contaminación fecal, se estima que este tratamiento de las aguas domésticas es una tecnología de bajo costo y fácil manejo para potabilizarla y mejorar las condiciones sanitarias de las comunidades rurales de los países en desarrollo.*³¹

En la agricultura

Las hojas se emplean como bio-pesticidas y además tienen efectos bactericidas y fungicidas contra hongos que atacan a las plántulas pequeñas.

En el caso de las semillas, éstas se usan como insecticida para diferentes insectos en sus diferentes etapas.

*El árbol de M. oleífera también se emplea como cerca viva o cortina rompe vientos, para el control de la erosión en áreas donde ocurren simultáneamente vientos fuertes y períodos de sequía.*³²

En la industria de los Cosméticos

La estabilidad del aceite de Moringa oleífera es buena y presenta buena resistencia a la oxidación. Este aceite tiene la propiedad de absorber y retener fragancias florales, lo que lo hace muy apropiado para la industria de perfumería y la de cosméticos. En el Antiguo Egipto el aceite de moringa se usaba en la preparación de perfumes, cremas de belleza, ungüentos sagrados, protectores de la piel contra infecciones, repelente contra insectos, humectante y acondicionador de la piel y el cabello. Las civilizaciones griega y romana también lo usaron con los mismos fines. En la industria cosmética moderna, se utiliza en la fabricación

de jabones, perfumes y humectantes, y para el cuidado del cabello.³³

g) Importancia económica

Mientras que todas las partes de la moringa se utilizan para una amplia variedad de propósitos, dos productos, en particular, destacan en términos de su potencial comercial: polvo de hoja y el aceite de moringa como ingrediente para productos cosméticos. El mercado mundial de productos de moringa se considera sustancial, se tienen estimaciones actuales de más de US \$ 4 mil millones al año. Esta demanda se debe principalmente a los consumidores en las economías desarrolladas y emergentes (en particular los EE.UU., Canadá y la Unión Europea), que buscan cada vez más suplementos dietéticos y cosméticos derivados de fuentes naturales. En los últimos años, ha crecido la variedad de productos de moringa y se han extendido en muchos mercados, estando disponibles en la mayoría de los sitios web de la comida sana y en muchas tiendas de salud en todo el mundo.

El actual mercado mundial de polvo de hojas de moringa es dominado por la India, que reúne más del 80% de la demanda global.

h) Compuestos nutricionales

Los análisis de la composición proximal de semillas de M. oleífera han mostrado altos niveles de lípidos y proteínas. La Composición química de M. oleífera en función de sus partes.^{22, 34, 35}

Indicador	Hojas	Tallos
<i>Materia seca (%)</i>	89.60	88.87
<i>Proteína (%)</i>	24.99	11.22
<i>Extracto etéreo (%)</i>	4.62	2.05
<i>Fibra cruda (%)</i>	23.60	41.90
<i>Ceniza (%)</i>	10.42	11.38

El contenido de aminoácidos en mg/100 g de hojas son:

<i>Aminoácido</i>	<i>Hoja fresca</i>	<i>Hoja seca</i>
<i>Arginina</i>	406.6 mg	1,325 mg
<i>Histidina</i>	149.8 mg	613 mg
<i>Isoleucina</i>	299.6 mg	825 mg
<i>Leucina</i>	492.2 mg	1,950 mg
<i>Lisina</i>	342.4 mg	1,325 mg
<i>Metionina</i>	117.7 mg	350 mg
<i>Fenilalanina</i>	310.3 mg	1,388 mg
<i>Treonina</i>	117.7 mg	1,188 mg
<i>Triptofano</i>	107.0 mg	425 mg
<i>Valina</i>	374.5 mg	1,063 mg

i) Compuestos bioactivos

Contiene: Calcio, Fósforo, Potasio, Sodio, Hierro, Magnesio, Zinc y vitaminas C, A, B₁ y B₁₂. En el extracto etanólico

de hojas de Moringa se han encontrado fenoles y flavonoides.³⁶

j) Funcionalidad de Moringa oleífera

Mucha de la información sobre el efecto de las propiedades de la moringa en seres humanos no cuenta con evidencia apoyada en pruebas clínicas aleatorizadas y controladas con placebo. En muchos casos, los estudios se han basado en investigaciones *in vitro* (en células en cultivo en el laboratorio) o bien han empleado animales como objeto de estudio.

Actividad antibiótica

Investigaciones han mostrado que la pterigospermina, el isotiocianato y extractos de la moringa presentaron actividad antibiótica en contra de una variedad de microbios. Sin embargo, el aislamiento y la caracterización de la estructura de estas moléculas resultan un reto técnico, pues pueden ser fácilmente dañadas durante la manipulación.^{35, 37}

Actividad antiinflamatoria

Experimentos *in vivo* demostraron que extractos acuosos y metanólicos de raíces de moringa reducen notablemente el edema inducido por carragenina. Esa misma actividad antiinflamatoria fue observada en las fracciones solubles en agua y en etanol de las semillas. En el caso del extracto acuoso de raíces, el grado de reducción es similar al logrado con indometacina, una conocida droga antiinflamatoria de mucha potencia.³⁸

Prevención del cáncer

La actividad antitumoral de remedios preparados a partir de las hojas, flores y raíces de *M. oleífera* es reconocida en la

medicina popular. Recientemente se reveló que los extractos hidroalcohólicos de frutos de moringa, debido a sus efectos positivos sobre el citocromo hepático, pueden ser usados para la prevención de la carcinogénesis química. A esa conclusión se llegó luego de un riguroso estudio sobre la génesis de papilomas de la piel inducida por 7,12-dimetilbenzantraceno en ratas albinas.³⁹

Actividad hipoglucemiante y antihipertensiva

Algunos usos tradicionales sugieren que la moringa podría ser útil tanto para bajar los niveles de colesterol como los de la glucosa. Estudios recientes en animales parecen sustentar estos usos populares. Se sugiere que la actividad regulatoria de glucosa de la moringa podría darse como resultado de su alto contenido de sustancias polifenólicas como la quercetina y el kaempferol.^{35, 39}

Actividad antioxidante

*La acumulación de radicales libres está asociada a la patogénesis de muchas enfermedades humanas. Los antioxidantes son sustancias capaces de retardar o prevenir la formación de radicales libres, y su uso en farmacología es estudiado de forma intensiva, particularmente como tratamiento para accidentes cerebrovasculares y enfermedades neurodegenerativas, así como en la prevención del cáncer y la cardiopatía isquémica. Las diferentes partes de *M. oleífera* contienen actividad antioxidante. Entre los compuestos con este potencial, ya sea por actividad de captación de radicales libres o por capacidad de formación de quelatos de iones metálicos identificados en las semillas de moringa, se encuentran compuestos fenólicos^{40,41}*

k) Efectos adversos

El amplio consumo humano de M. oleífera como parte de la dieta y de remedios terapéuticos durante siglos, sin que se reporten casos de alergias y toxicidad, podría parecer un aval suficiente de su inocuidad.

2.2.2. AGUA

a) Definición

Es la sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azulada en grandes masas. Es el componente más abundante en la superficie terrestre y más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales, y como agua de cristalización en muchos cristales.

El término agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, aunque la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en su forma gaseosa denominada vapor. Es una sustancia bastante común en el universo y el sistema solar, donde se encuentra principalmente en forma de vapor o de hielo.⁴²

b) Importancia

El agua es considerada como uno de los recursos naturales más fundamentales para el desarrollo de la vida, y junto con el aire, la tierra y la energía, constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo. Es el compuesto más abundante, cubriendo las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Sin embargo, diversos factores limitan la disponibilidad de agua para uso humano, dejando de lado en este trabajo los factores

económicos, sociales y políticos. Se sabe que más del 97% del agua total del planeta se encuentra en los océanos y otras masas salinas y que podemos considerarla como inservible, ya que apenas están disponibles para ningún propósito. Del 3% restante, un 2,38% aproximadamente, se encuentra en estado sólido, resultando prácticamente inaccesible. El resto, un 0,62%, se encuentra en ríos, lagos y aguas subterráneas. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos, donde se concentra el 96,5 % del agua total. A los glaciares y casquetes polares les corresponde el 1,74%, mientras que los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales concentran el 1,72%. El restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.⁴²

c) Propiedades fisicoquímicas

A temperatura ambiente, el agua pura es inodora, insípida e incolora, aunque adquiere una leve tonalidad azul en grandes volúmenes, debido a la refracción de la luz al atravesarla, ya que absorbe con mayor facilidad las longitudes de onda larga (rojo, amarillo, naranja) que las longitudes de onda corta (azul, violeta), desviando lentamente estas otras, provocando que en grandes cantidades de agua esas ondas cortas se hagan apreciables.

Entre las moléculas de agua se establecen enlaces por puentes de hidrógeno debido a la formación de dipolos electrostáticos que se originan al situarse un átomo de hidrógeno entre dos átomos más electronegativos, en este caso de oxígeno. El oxígeno, al ser más electronegativo que el hidrógeno, atrae más los electrones compartidos en los enlaces covalentes con el hidrógeno, cargándose negativamente, mientras los átomos de hidrógeno se cargan positivamente, estableciéndose así dipolos eléctricos que

son responsables de las propiedades físico químicas del agua entre las cuales tenemos:

1º. Densidad.

La densidad del agua líquida es altamente estable y varía poco con los cambios de temperatura y presión. A presión normal de 1 atmósfera, el agua líquida tiene una mínima densidad a 100 °C, cuyo valor aproximado es 0,958 Kg/L. Mientras baja la temperatura va aumentando la densidad de manera constante hasta llegar a los 3,8 °C donde alcanza una densidad de 1 Kg/L. Esta temperatura representa un punto de inflexión y es cuando alcanza su máxima densidad a presión normal. A partir de este punto, al bajar la temperatura, disminuye la densidad aunque muy lentamente hasta que a los 0 °C alcanza 0,9999 Kg/L. Cuando pasa al estado sólido ocurre una brusca disminución de la densidad, pasando a 0,917 Kg/L.

2º. Disolvente

El agua es un disolvente polar. Como tal, disuelve bien sustancias iónicas y polares; no disuelve apreciablemente sustancias fuertemente apolares. La propiedad de ser considerada casi el disolvente universal por excelencia se debe a su capacidad para formar puentes de hidrógeno con otras sustancias que pueden presentar grupos polares, o con carga iónica, como alcoholes, azúcares con grupos R-OH, aminoácidos y proteínas con grupos que presentan cargas + y -, dando lugar a disoluciones moleculares. También las moléculas de agua pueden disolver sustancias salinas que se disocian formando disoluciones iónicas.

3º. Polaridad

La molécula de agua es muy dipolar. Los núcleos de oxígeno son muchos más electronegativos (atraen más los electrones) que los

de hidrógeno, lo que dota a los dos enlaces de una fuerte polaridad eléctrica, con un exceso de carga negativa del lado del oxígeno, y de carga positiva del lado de los hidrógenos.

4º. Cohesión

La cohesión es la propiedad con la que las moléculas de agua se atraen a sí mismas, por lo que se forman cuerpos de agua adherida a sí mismas, las gotas. Los puentes de hidrógeno mantienen las moléculas de agua unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi incompresible. Estos puentes se pueden romper fácilmente con la llegada de otra molécula con un polo negativo o positivo dependiendo de la molécula, o con el calor.

5º. Adhesión

El agua, por su gran potencial de polaridad, cuenta con la propiedad de la adhesión, es decir, el agua generalmente es atraída y se mantiene adherida a otras superficies, lo que se conoce comúnmente como “mojar”. Esta fuerza está también en relación con los puentes de hidrógeno que se establecen entre las moléculas de agua y otras moléculas polares y es responsable, junto con la cohesión, del llamado fenómeno de la capilaridad.

6º. Capilaridad

El agua cuenta con la propiedad de la capilaridad, que es la propiedad de ascenso, o descenso, de un líquido dentro de un tubo capilar. Esto se debe a sus propiedades de adhesión y cohesión. Cuando se introduce un capilar en un recipiente con agua, ésta asciende por el capilar como si trepase agarrándose por las paredes, hasta alcanzar un nivel superior al del recipiente,

donde la presión que ejerce la columna de agua se equilibra con la presión capilar.

7º. Tensión superficial

Por su misma propiedad de cohesión, el agua tiene una gran atracción entre las moléculas de su superficie, creando tensión superficial. La superficie del líquido se comporta como una película capaz de alargarse y al mismo tiempo ofrecer cierta resistencia al intentar romperla; esta propiedad contribuye a que algunos objetos muy ligeros floten en la superficie del agua.

8º. Calor específico

También esta propiedad está en relación con los puentes de hidrógeno que se crean entre las moléculas de agua. El agua puede absorber grandes cantidades de calor que utiliza para romper los puentes de hidrógeno, por lo que la temperatura se eleva muy lentamente. El calor específico del agua es de 1 cal/°C g. Esta propiedad es fundamental para los seres vivos, ya que gracias a esto, el agua reduce los cambios bruscos de temperatura, siendo un regulador térmico muy bueno. También ayuda a regular la temperatura de los animales y las células permitiendo que el citoplasma acuoso sirva de protección ante los cambios de temperatura.

9º. Temperatura de fusión y evaporación

Presenta su punto de ebullición de 100 °C (373,15 K) a presión de una atmósfera. El calor latente de evaporación del agua a 100 °C es 540 cal/g (ó 2260 J/g) Tiene un punto de fusión de 0 °C (273,15 K) a presión de una atmósfera.

10º. Conductividad

La conductividad eléctrica de una muestra de agua es la expresión numérica de su capacidad para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura.

11º. Anfoterismo

Puede comportarse bien como ácidas o como base. Es catalizador en muchas reacciones químicas. Presenta un equilibrio de auto ionización y auto protólisis.

12º. Propiedades biológicas

El agua es esencial para todos los tipos de vida, por lo menos tal y como la entendemos. El agua es excelente disolvente de sustancias tóxicas y compuestos bipolares. Incluso moléculas biológicas no solubles, como lípidos, forman con el agua, dispersiones coloidales. Participa como agente químico reactivo en las reacciones de hidratación, hidrólisis y Redox. Permite la difusión, es decir, el movimiento en su interior de partículas sueltas, constituyendo el principal transporte de muchas sustancias nutritivas. Constituye un excelente termorregulador (calor específico), permitiendo la vida de organismos en una amplia variedad de ambientes térmicos. Ayuda a regular el calor de los animales.^{42, 43,44}

d) Clasificación de aguas

Las aguas se clasifican como:

1º Aguas Residuales Urbanas: *Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana, como consecuencia de las*

actividades propias de estos. Los aportes que generan esta agua son: Aguas negras, fecales o aguas sanitarias

2º Aguas de lavado doméstico: *Son las llamadas aguas grises procedentes de los usos domésticos antes de mezclarse con las aguas fecales. Proceden del lavado de ropa, limpieza de la casa, desperdicios de comida, etc.*

3º Agua de lluvia y lixiviados: *Es el agua que cae de las nubes en forma líquida o sólida. Es un agua que nunca es pura. Contiene disueltos distintos gases, además de determinados iones que se encuentran en la atmósfera en forma de polvo y que son el resultado o consecuencia de diversos fenómenos que en ella se producen.*

4º Aguas Residuales Industriales: *Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice agua. Presentan características muy distintas de las aguas residuales urbanas. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria.*

5º Aguas Mixtas: *La calidad y cantidad de las aguas residuales generadas por una población está muy influenciada por la incorporación a las mismas, periódica o accidental, de vertidos industriales.⁴⁴*

e) Purificación del agua

El agua necesaria para usos domésticos, agrícolas e industriales procede de lagos, ríos y otras fuentes subterráneas. Gran parte de esta agua debe ser tratada para eliminar bacterias y otras impurezas peligrosas. Después de este tratamiento el agua no se encuentra totalmente pura, ya que todavía contiene pequeñas

cantidades de sales disueltas, particularmente cloruros, sulfatos, fluoruros carbonatos ácidos de sodio, potasio, magnesio y calcio. Estas sales no producen efectos nocivos en las bajas concentraciones en las que se encuentran habitualmente y además proporcionan los minerales esenciales para el organismo.⁴⁴

f) Dureza del agua

La dureza del agua se reconoció originalmente por la capacidad que tiene el agua para precipitar el jabón, esto es, las aguas requieren de grandes cantidades de jabón para producir espuma. La dureza de las aguas naturales es producida sobre todo por las sales de calcio y magnesio. La dureza corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos excepto los metales alcalinos y el ion hidrógeno. En la mayoría de los casos se debe principalmente a la presencia de iones calcio y magnesio, y algunas veces otros cationes divalentes también contribuyen a la dureza como son, estroncio, hierro y manganeso, pero en menor grado ya que generalmente están contenidos en pequeñas cantidades. Para las aguas subterráneas la dureza depende en gran medida del tipo de depósito geológico que el agua ha atravesado en su camino al acuífero. En depósitos de lecho de roca el agua es generalmente blanda (sódica) a pesar del grado de mineralización. Entonces, como regla general los acuíferos glaciales producen agua dura mientras que los acuíferos de lecho de roca producen agua blanda.⁴⁴

g) Origen de la dureza del agua

El agua adquiere la dureza cuando pasa a través de las formaciones geológicas que contienen los elementos minerales que la producen y por su poder solvente los disuelve e incorpora. El agua adquiere el poder solvente, debido a las condiciones ácidas que se desarrollan a su paso por la capa de suelo, donde

la acción de las bacterias genera CO₂, el cual existe en equilibrio con el ácido carbónico. En estas condiciones de pH bajo, el agua ataca las rocas, particularmente a la calcita (CaCO₃).⁴⁴

El agua que contenga CO₂ al tomar contacto con las formaciones de calcita, se transformará paulatinamente en carbonato ácido, con lo que se disolverá:



h) Dureza permanente y temporal

Dureza temporal La dureza que se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio se denomina dureza temporal y puede eliminarse por ebullición, que al mismo tiempo esteriliza el agua. Al elevarse la temperatura del agua hasta el punto de ebullición, el calcio y el magnesio se precipitan en forma de carbonato de calcio e hidróxido de magnesio respectivamente. La dureza temporal también puede ser eliminada por la adición del hidróxido de calcio .que reacciona con el ácido carbónico disminuyendo este, con lo que la dureza temporal disminuye.

Dureza permanente La dureza permanente no puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia del sulfato de calcio y magnesio y/o cloruros en el agua, que son más solubles mientras sube la temperatura. Son necesarios procesos químicos para eliminarla del agua. Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de zeolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua.^{44,45}

i) Grados de la dureza del agua

El grado de dureza es una medida de la concentración total, en peso, del contenido de iones Ca²⁺ y Mg²⁺ expresada como

equivalente de carbonato de calcio y usualmente medida en partes por millón o miligramos por litro.

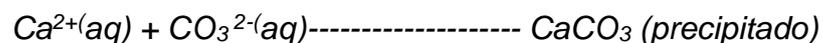
En muchos países se clasifica la dureza del agua en mg/L CaCO₃ según los siguientes valores:

Dureza (mgCaCO₃/L)	Tipo de agua
00 -- 75	Agua blanda
75 -- 150	Agua semi dura
150 – 300	Agua dura
Más de 300	Agua muy dura

El proceso de reducción de la dureza del agua se denomina ablandamiento del agua; algunos métodos son:

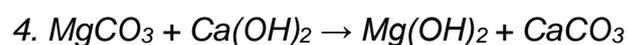
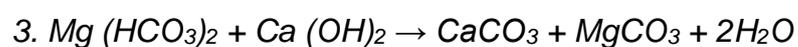
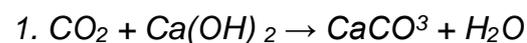
1º Método de carbonato sódico

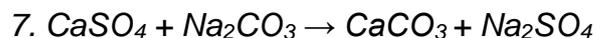
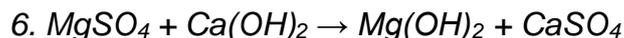
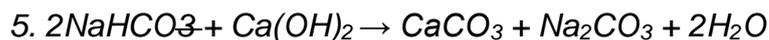
El ablandamiento más usado es la de adición de carbonato sódico, que conlleva la eliminación de Ca²⁺ mediante la reacción:



2º Método de cal - soda

(Ca(OH)₂ - Na₂CO₃) precipita la dureza del agua. En este proceso se llevan a cabo las siguientes reacciones, las cuales se deben de tener en consideración para estimar las cantidades de cal y soda necesarias para el ablandamiento.





3º Métodos de intercambio iónico

El sistema funciona mediante el intercambio de iones de una solución con los iones de carga similar de una resina. Se utilizan tres sistemas comunes de intercambio iónico: el intercambio iónico convencional, la precipitación in situ y el circuito electrolítico de intercambio iónico (combinación de los dos primeros métodos).^{44,45}

j) Consecuencias del consumo de aguas duras para la salud humana.

Las aguas duras tienen la capacidad de afectar la salud generando desde simples asperezas en la piel y/o produciendo el endurecimiento del cabello, hasta generar cálculos renales, aumentar la incidencia de ataques cardíacos, relacionarla con anomalías del sistema nervioso y varios tipos de cáncer. Algunos estudios han demostrado que hay una débil relación inversa entre la dureza del agua y las enfermedades cardiovasculares en los hombres, por encima del nivel de 170 mg de carbonato de calcio por litro en el agua.

La Organización Mundial de la Salud ha revisado las evidencias y concluyeron que los datos eran inadecuados para permitir una recomendación para un nivel de la dureza. Otros dicen que las aguas duras no causan problemas al cuerpo humano y son tan satisfactorias como las aguas blandas sin embargo, la aceptación del público es variable de un lugar a otro, y su sensibilidad depende del grado de dureza al que las personas estén acostumbradas.

Muchos consumidores ponen objeción cuando la dureza del agua excede de 150 mg/L CaCO₃.

Un estudio realizado en el Perú, cuyo objetivo fue determinar si la dureza del agua afectaba la salud de los pobladores de las irrigaciones de la parte baja del río Chili arrojó un total de 260 personas encuestadas de las cinco irrigaciones, 49 de ellos (18,85%) dijeron haber padecido de litiasis. La dureza del agua (≥ 300 mg/l de CaCO₃) estuvo asociado a una alta prevalencia de litiasis ($p=0,044$). La morbilidad más alta por litiasis de cálculo al riñón y de uréter es de 28% que corresponde a las irrigaciones de San Isidro-San Camilo, debido a que el agua de consumo humano no cuentan con ningún tipo de tratamiento potable.^{44,45}

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA^{46, 47, 48, 49, 50, 51, 52}

3.1. MATERIAL

3.1.1 Diseño, nivel y tipo de investigación

El diseño del presente estudio es descriptivo - transversal ya que se utiliza conocimientos ya existentes (métodos de análisis) para obtener información desconocida; de modo que se pueda caracterizar los extractos a estudiar; y a través del análisis químico cuantitativo determinar la eficacia de las semillas y/o sus extractos para disminuir la dureza del agua potable.

El nivel del trabajo es de carácter básico puesto que de las semillas y/o extracto se busca determinar la actividad para disminuir la dureza del agua potable. Por los objetivos trazados es un trabajo experimental por que se buscará las mejores condiciones para evaluar la disminución de la dureza del agua.

3.1.2. La especie estudiada.

La población para este trabajo presente la constituyó todas las semillas de la especie vegetal Moringa oleífera que crece en el distrito de Humay en la provincia de Pisco. Se obtuvieron cerca de cuatro kg de este material.

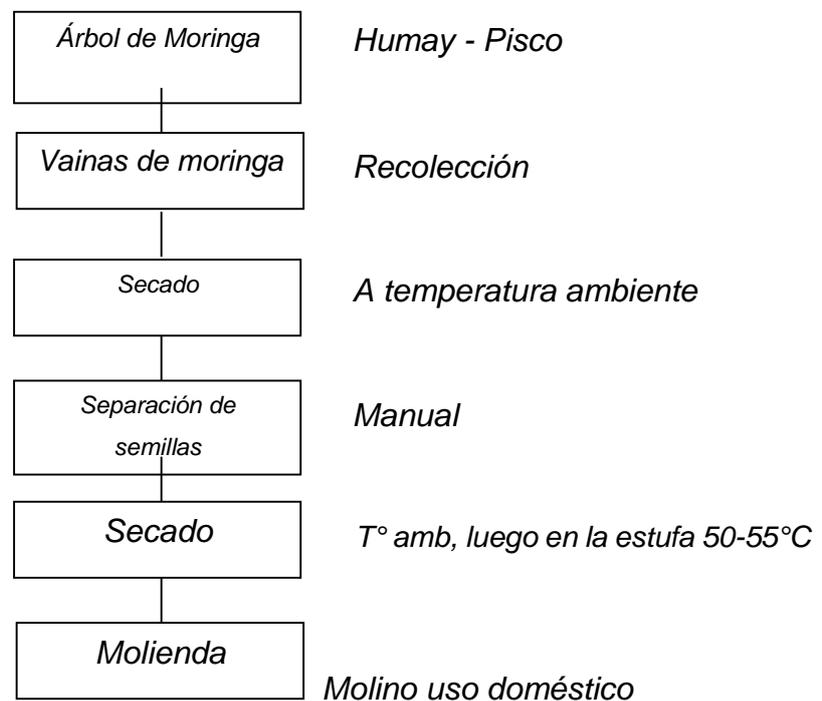
3.2. MÉTODOS

3.2.1 TRATAMIENTO A LA ESPECIE ESTUDIADA

Los procesos para obtener semillas *Moringa oleífera* se presentan en el flujograma siguiente:

FLUJOGRAMA N° 01

PROCESOS PARA OBTENER SEMILLAS SECAS Y MOLIDAS



3.2.2 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL SECO Y MOLIDO.

1. Caracterización organoléptica.

Utilizando los órganos de los sentidos se determinó: color, olor, sabor y aspecto.

2. Determinación de Humedad.

Método: Se determinó por el método gravimétrico.

Fundamento

Este método se fundamenta en el control de la pérdida de agua de la muestra problema analizada por acción de calor procedente desde una estufa a una temperatura adecuada.

Procedimiento:

10 g de la muestra a analizar se coloca en una cápsula de porcelana de peso conocido, seguidamente se llevó a la estufa entre 100 - 110°C por 30 minutos, transcurrido este tiempo se retira y coloca en el desecador hasta que se enfríe. Seguidamente se pesa para determinar la pérdida de peso. El proceso se repite hasta alcanzar constancia de peso. La pérdida de peso es el contenido de humedad que se expresa en porcentaje.

Cálculo:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{g perdidas}}{10} \times 100$$

Dónde:

% de Humedad = g de agua por 100 de muestra

g perdidas = g de pérdida de peso

10 = g de muestra analizada

100 = para referir a porcentaje

3. **Determinación de cenizas.**

Método. Se utilizó el método de la disgregación pirolítica

Fundamento

El método se basa en la destilación de los componentes orgánicos del material a analizar por la acción de altas temperaturas (550 - 560 °C), el residuo de la ignición que queda es la ceniza que se pesa y se expresa como %.

Procedimiento

Se pesan 3 g del material a analizar y se colocan en una cápsula de peso conocido. Se lleva a la acción del calor suave para carbonizar la muestra hasta que cese el desprendimiento de humo. La cápsula con el material carbonizado se lleva a la mufla a 550 - 560 °C por 2 horas. Tiempo después del cual se pasa al desecador para que enfríe y posteriormente se pese.

Cálculos

$$\% \text{ Cen} = \frac{\text{Ceniza hallada} \times 100}{3}$$

Donde:

% Cen = g de cenizas en 100 g del material a analizar

Ceniza hallada = diferencia de peso entre cápsula con cenizas y peso de cápsula vacía.

3 = g de material analizado

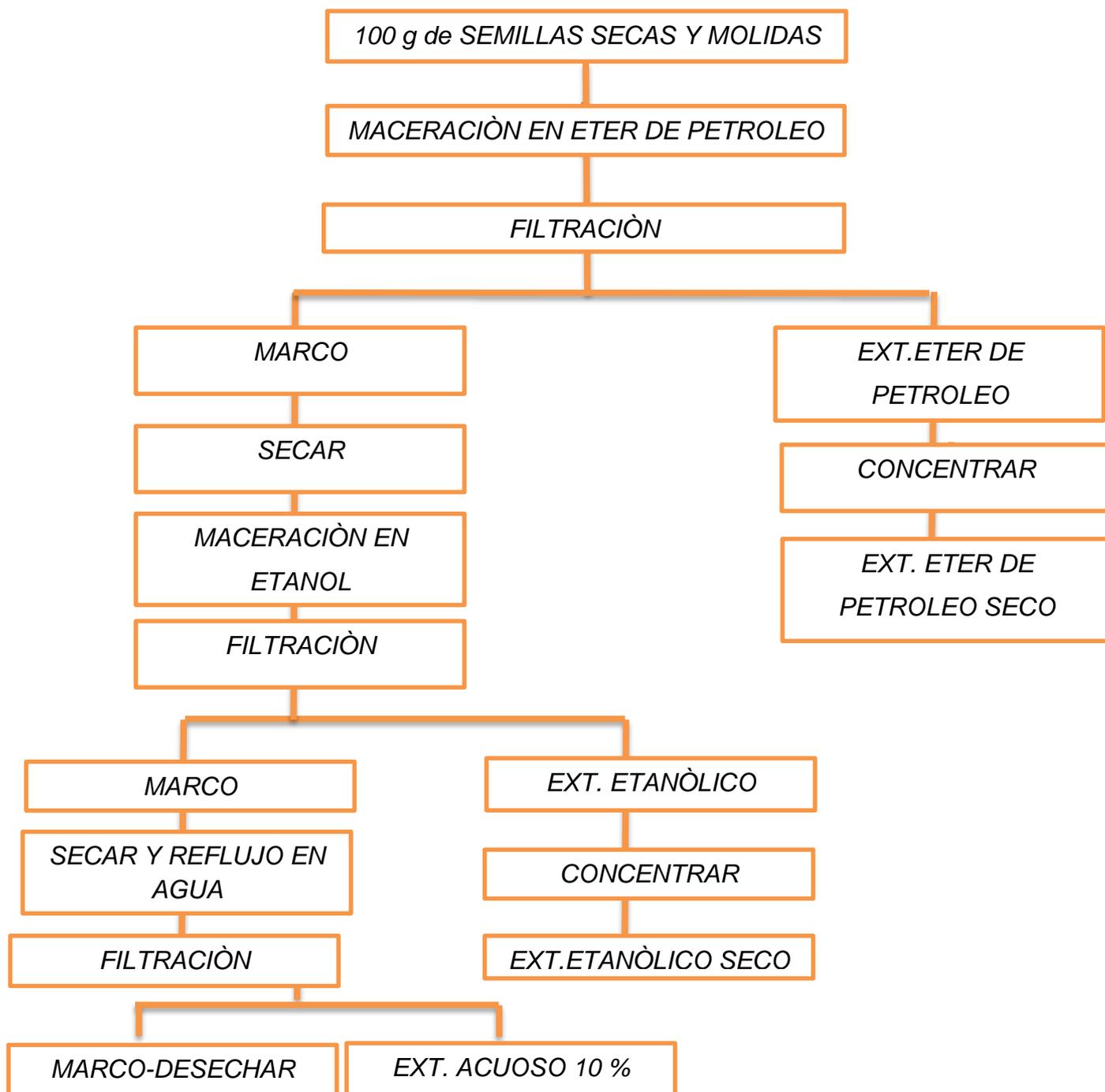
100 = para referir a porcentaje

3.2.3. OBTENCIÓN DE EXTRACTOS

OBTENCIÓN DE EXTRACTO ÉTER DE PETRÓLEO, ETANÓLICO Y ACUOSO DESDE UN MISMO MATERIAL

Los procesos para obtener extractos a partir de semillas de Moringa oleífera utilizando solventes de polaridad creciente se ilustran en el flujograma siguiente.

FLUJOGRAMA Nº 2. OBTENCIÓN DE EXTRACTO ETER DE PETRÓLEO, ETANÓLICO Y ACUOSO DE SEMILLAS SECAS Y MOLIDAS DE MORINGA OLEÍFERA

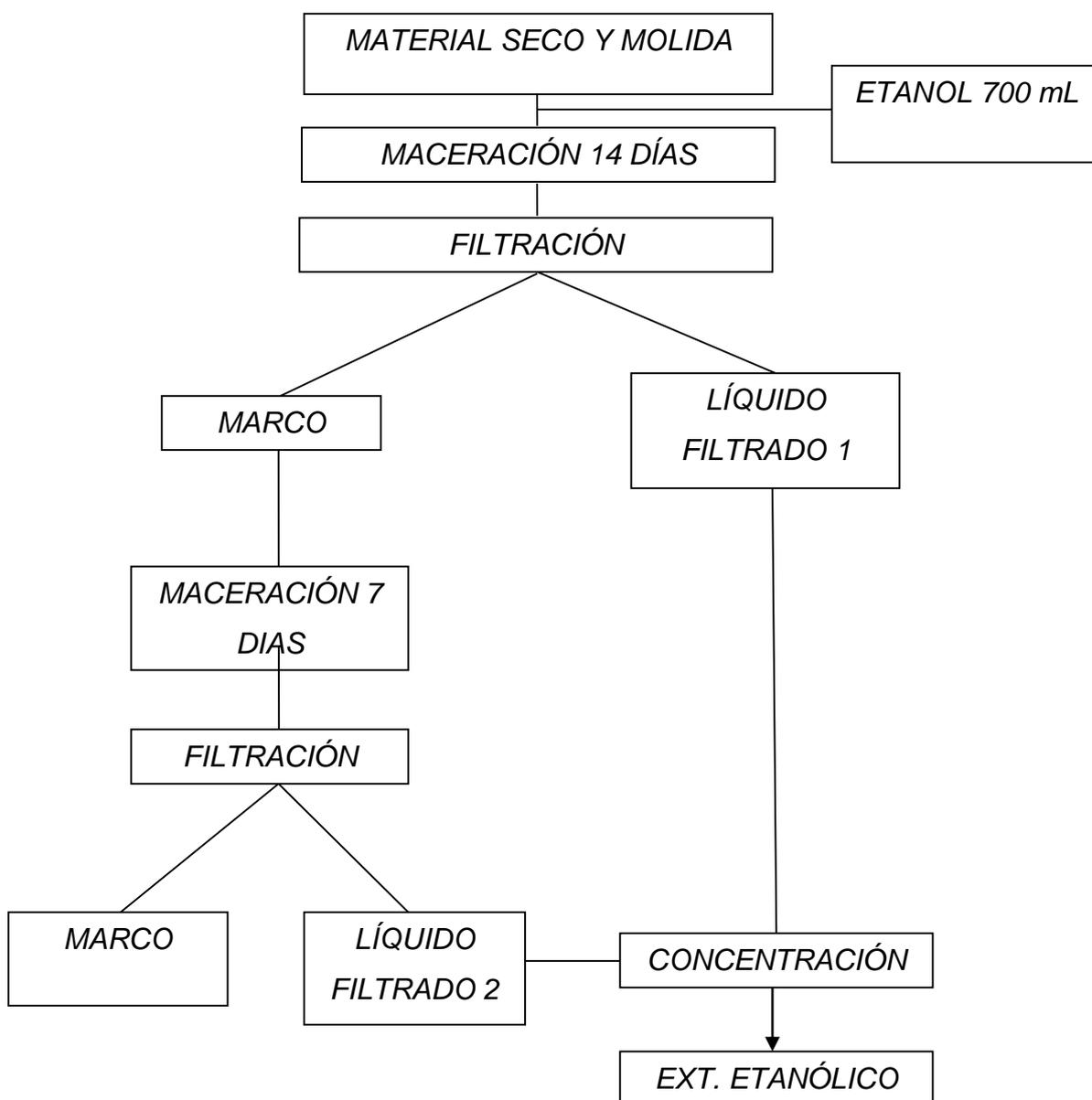


A. OBTENCIÓN DE EXTRACTO ETANÓLICO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA

Los procesos para obtener el extracto etanólico se ilustran en el flujograma siguiente:

FLUJOGRAMA N° 03

PROCESOS PARA OBTENER EXTRACTO ETANÓLICO A PARTIR DE SEMILLAS SECAS Y MOLIDAS DE MORINGA OLEÍFERA

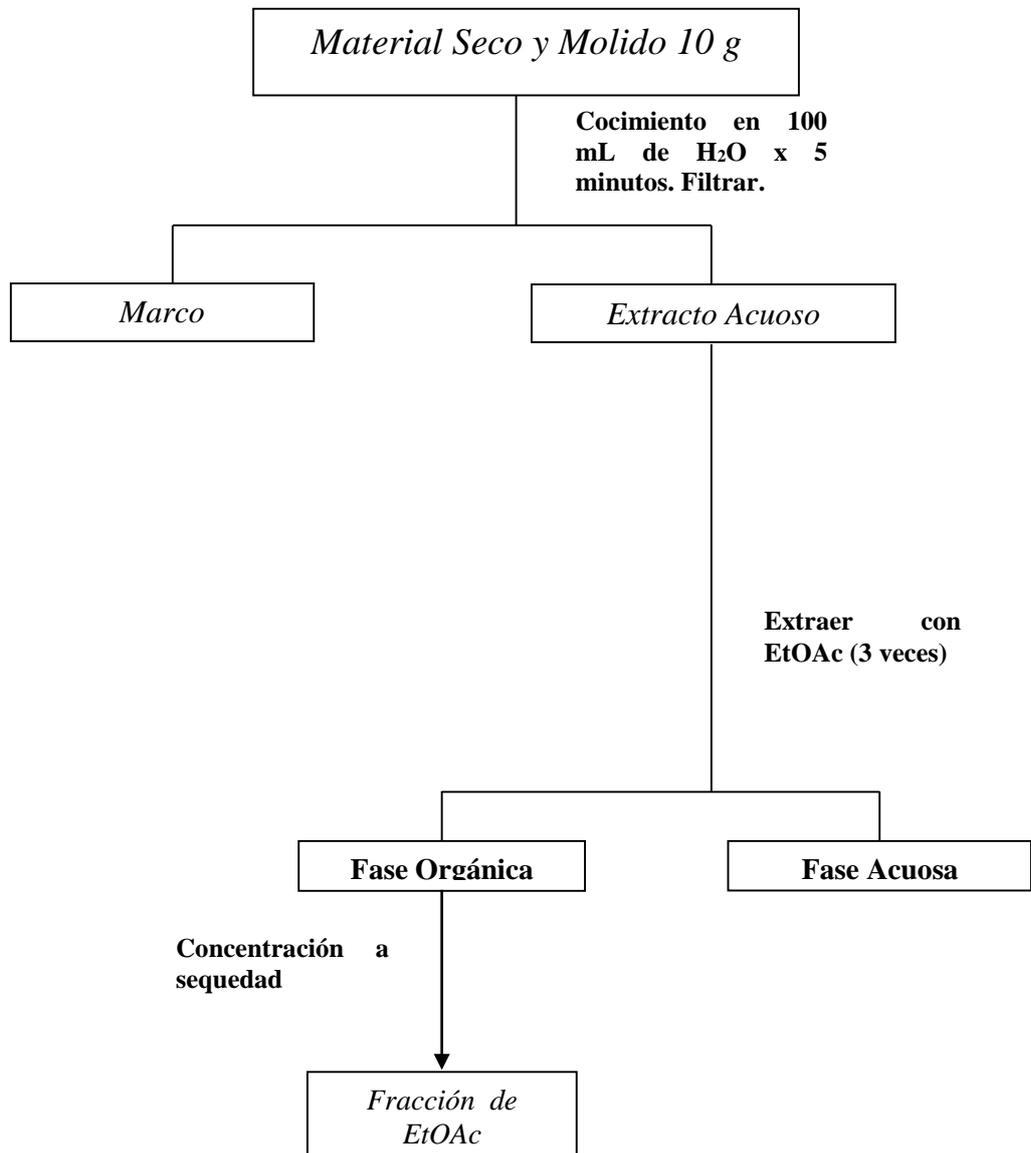


B. OBTENCIÓN DE EXTRACTO ACUOSO Y SU FRACCIÓN ACETATO DE ETILO

El extracto acuoso se preparó a una concentración del 10 % y a partir de este extracto por partición de tres veces con acetato de etilo se extraerá el extracto Acetato de etilo. Los procesos se ilustran en el flujograma siguiente:

FLUJOGRAMA N° 04

OBTENCIÓN DE LA FRACCIÓN DE ACETATO DE ETILO



3.2.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS EXTRACTOS

A) DETERMINACIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS

El extracto acuoso se trabajó directamente, los extractos obtenidos por uso de solventes con polaridad creciente, el extracto etanólico y la fracción acetato de etilo del extracto acuoso se prepararon a una concentración de 100 mg/mL.

Se ejecutaron las reacciones de coloración y/o precipitación siguientes:

1. Reacción de cloruro férrico.

Para determinar compuestos fenólicos.

Procedimiento

A 0,5 mL de muestra se agrega 2 mL de solución de FeCl₃ al 1%. Se considera positiva la aparición de coloraciones azul, verde y/o negra. Se ensayó el extracto éter de petróleo, acuoso y etanólico directos.

2. Reacción de gelatina 1% en NaCl 10%.

Para determinar taninos.

Procedimiento

En un tubo de ensayo se colocan 3 mL de solución de gelatina en NaCl 10% y se agrega 0.5 mL de la muestra a ensayar.

La formación de un precipitado o turbidez blanco o crema es indicativa de presencia de taninos.

Se ensayó el extracto acuoso directo y etanólico directo.

3. Reacción de Shinoda.

Para determinar flavonoides.

Procedimiento

A 0.3 mL de muestra a analizar se le añaden unas 5-8 partículas de limadura de magnesio y seguidamente se añaden 3-4 gotas de ácido clorhídrico concentrado.

Es positivo si se observa la aparición de una coloración anaranjada o roja.

Se ensayó el extracto éter de petróleo, etanólico directo, extracto acuoso directo y extracto acetato de etilo.

4. REACCIÓN DE ROSEMHEIN.

Para determinar leucoantocianidinas y/o catequinas.

Procedimiento

A 2 mL de muestra se agrega 1 mL de HCl concentrado, se pone en baño maría hirviendo 15 minutos, se retira, se enfría y luego se adicionan 2 ml de H₂O y 3 mL de alcohol amílico. Agitamos y dejamos decantar 10 minutos y luego observamos el color en la fase amílica.

Se considera positiva la aparición de un color que va desde el carmesí oscuro hasta rosado débil, esto para leucoantocianidinas y color marrón para catequinas.

Se ensayaron los extractos acuosos directo, etanólico directo y acetato de etilo.

5. REACCIÓN DE LIEBERMAN BURCHARD

Para determinar Esteroides y/o Triterpenos

Procedimiento

Unos mg de muestra disuelta en diclorometano, se agrega 2 - 3 gotas de ácido acético, se mezcla y se adiciona unas gotas del reactivo solución de anhídrido acético/H₂SO₄ 50:1.

Se considera positiva la aparición de un color azul, verde o anaranjado.

Se realizó en los extractos éter de petróleo, etanólicos y acuoso.

6. REACCION DE BORTRAGUER

Para determinar Nafto y/o Antraquinonas

Procedimiento

Unos mg de muestra se disuelven en 1 mL de CH_2Cl_2 y se agrega 2 mL de solución acuosa de NaOH al 10%, se agita suavemente y se observa el color que toma la fase acuosa.

Se considera positiva cuando la fase acuosa se torna de color roja.

Se realizó en el extracto éter de petróleo y etanólicos.

7. REACCIONES PARA DETERMINAR PRESENCIA DE ALCALOIDES.

Se ejecutaron cuatro reacciones; y son:

a) REACCIÓN DE DRAGENDORFF

Procedimiento

Se acidifica el extracto con gotas de HCl al 1% y se añaden 3 gotas del reactivo.

La aparición de un precipitado anaranjado o rojo indican que la reacción es positiva.

b) REACCIÓN DE WAGNER

Procedimiento

Acidificar 0,3 mL del extracto con HCl al 1% se añade 2 ó 3 gotas del reactivo.

La aparición de un precipitado marrón indicará que la reacción es positiva.

c) REACCIÓN DE HAGER

Procedimiento

0,3 mL de extracto se acidifica con HCl al 1% y se añade 3 gotas del reactivo.

La aparición de precipitado crema-amarillo indicará que la reacción es positiva.

d) REACCIÓN DE MAYER

Procedimiento

0,3 mL de muestra se acidifican con HCl al 1% y se añaden 3 gotas de reactivo. La aparición de un precipitado amarillo indicará reacción positiva al reactivo.

Se ensayó los extractos etanólico directo y acuosos directo.

8. PRUEBA DE FLUORESCENCIA

Para determinar cumarinas

Procedimiento: *Se obtienen tiras de papel filtro de 1.5 cm de ancho por 6 cm de largo. Para cada a extracto a ensayar se utiliza una tira de papel y se procede como sigue:*

Se marca tenuemente con lápiz tres puntos equidistantes; en el primero y segundo punto se impregna 1 gota del extracto a ensayar, al tercer punto 1 gota de KOH 0,5 M; se espera que sequen; y luego al primer punto se agrega 1 gota de KOH 0,5 M y se espera que seque. Seguidamente se observa a la luz ultravioleta de 366 nm de longitud de onda. La aparición de fosforescencia en el primer punto es indicativa de la presencia de cumarinas.

Se realizó en los extractos etanólicos, acuosos y acetato de etilo.

9. PRUEBA DE LA ESPUMA

Para determinar saponinas.

Procedimiento: *En un tubo de ensayo de 13 x 100 se colocan 10 mL de extracto acuoso 10%. Se tapa y se agita fuertemente durante 1 minuto. La presencia de saponinas*

será indicada por la formación de espuma que persistirá por 30 minutos y a una altura no menor a 1 cm.

Se realizó en el extracto acuoso directo y etanólico directo.

10. REACCION DE LA NINHIDRINA

Para determinar aminoácidos

Procedimiento. *En un tubo de ensayo se colocan 2 mL del material a analizar y se le agrega 0,5 mL del reactivo ninhidrina 1%. La aparición de una coloración violácea es indicadora de la presencia de aminoácidos.*

Se realizó en los extractos acuosos y etanólicos.

3.2.5. DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE POLIFENOLES

El reactivo de mayor uso que reacciona con los polifenoles es el reactivo de Folin-Ciocalteu; la totalidad de polifenoles del vino reacciona con este reactivo y si paralelamente se hace reaccionar este reactivo con un polifenol de estructura conocida como por ejemplo ácido gálico y se comparan las intensidades de ambas reacciones se puede expresar el resultado de polifenoles de la muestra analizada como equivalente a ácido gálico.^{23, 41,42}

La determinación de polifenoles por el método de Folin-Ciocalteu.

a) Fundamento:

La determinación se basa en la reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu (que es una mezcla de ácido fosfotúngstico y ácido fosfomolibdico) de color amarillo a una coloración azul constituida por óxidos de tungsteno y de molibdeno. La intensidad del color azul se mide espectrofotométricamente. La oxidación es por los fenoles que reducen al reactivo de Folin-Ciocalteu.

b) Preparación de Reactivos

Reactivo de Folin-Ciocalteu:

Fue adquirido de CIMATEC – Perú.

Carbonato de Sodio 20%

Se pesan 20g de carbonato de sodio y se disuelven en agua destilada c.s.p. 100 mL.

Ácido gálico

Se coge 1 g de ácido gálico y se disuelve en una fiola de 100 mL hasta el enrase. Se cogen 5 fiolas de 100 mL se enumeran del 1 al 5 y a cada uno se añade 5, 10, 15, 20 y 25 mL de disolución anterior. Seguidamente las fiolas de 1 al 5 se enrazan a 100 mL con agua destilada obteniendo disoluciones de 50, 100, 150. 200 y 250 mg de ácido gálico en 100 mL respectivamente.

c) Preparación de las Muestras

Las muestras analizadas son las mismas usadas en el análisis cualitativo es decir el extracto acuoso se trabajó directamente y los demás a una concentración 100 mg/1mL, todos se filtran. Del filtrado se coge la cantidad necesaria para el análisis.

d) Determinación de la Curva de Calibración para Cuantificación de fenoles totales.

Se prepara un set de trabajo como se indica en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 01
SET DE TRABAJO PARA DETERMINAR LA CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CUANTIFICAR FENOLES TOTALES

N° Fiola	Ácido Gálico mg/100 (mL)	Cantidad analizada (mL)	Agua destilada (mL)	Na₂CO₃ 20% (mL)	R Folin -Ciocalteu (mL)
0	----	----	8.5	1.0	0.5
1	50	0.1	8.4	1.0	0.5
2	100	0.1	8.4	1.0	0.5
3	150	0.1	8.4	1.0	0.5
4	200	0.1	8.4	1.0	0.5
5	250	0.1	8.4	1.0	0.5

Fuente: El autor del Trabajo

Los reactivos se adicionan según el orden que se presentan de izquierda a derecha. Se mezclan y se espera por 30 minutos, para que la reacción sea completa tiempo después del cual se lleva a la lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 700 nm.

e) Determinación de fenoles totales en las muestras analizadas.

Para determinar el contenido de fenoles totales en las muestras a analizar se procede como se indica en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 02
SET DE TRABAJO PARA DETERMINAR FÉNOLES TOTALES EN
LAS MUESTRAS ANALIZADAS

MUESTRAS	REPETI CIONES	REACTIVOS			
		A	B	C	D
BLANCO	1	00	8.5	1.00	0.5
EXT. ÉTER DE PETRÓLEO	1	0.1	8.4	1.00	0.5
	2	0.1	8.4	1.00	0.5
	3	0.1	8.4	1.00	0.5
EXT. ETANÓLICO	1	0.1	8.4	1.00	0.5
	2	0.1	8.4	1.00	0.5
	3	0.1	8.4	1.00	0.5
EXT. ACUOSO	1	0.1	8.4	1.00	0.5
	2	0.1	8.4	1.00	0.5
	3	0.1	8.4	1.00	0.5
EXT. ACETATO DE ETILO	1	0.1	8.4	1.00	0.5
	2	0.1	8.4	1.00	0.5
	3	0.1	8.4	1.00	0.5

Fuente: El autor del Trabajo

Leyenda:

01, 02 y 03 = tres repeticiones

A = mL de muestra analizada

B = mL de solvente de agua

C = mL de solución de Na₂CO₃

D = mL de reactivo Folin–Ciocalteu

3.2.6 DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA

1º Muestra

La muestra analizada fue el agua potable que se usa en el Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica que llega a través de la red de distribución desde el pozo de agua de la Ciudad Universitaria con la que se prepararon aguas turbias de diferentes grados de turbidez.

2º Extractos ensayados

Extracto acuoso al 10% de polvo de semillas secas y molidas sin cutícula.

Extracto etanólico al 10% de polvo de semillas secas y molidas sin cutícula.

3º Preparación de aguas turbias de turbidez 5, 10, 20, 40 y 80 UNT

Primero se preparan 1 000 mL de solución patrón de agua turbia de concentración 7.5 mg de sílice natural/mL y desde aquí se miden y cogen las cantidades necesarias para preparar las aguas turbias artificiales con diferentes grados de turbidez. Considerando que una UNT es equivalente a 7.5 mg de sílice natural/litro.

Los procesos seguidos se ilustran en el cuadro siguiente:

**CUADRO Nº 3: PROCESO PARA PREPARAR AGUAS TURBIAS
ARTIFICIALES DE 5, 10, 20, 40 Y 80 UNT DE TURBIDEZ**

REACTIVOS	UNT				
	5	10	20	40	80
<i>Solución patrón de sílice natural (mL)</i>	5	10	20	40	80
<i>Agua potable (mL)</i>	995	990	980	940	920

Fuente: Los autores del trabajo

4º Preparación para la determinación de la dureza

Se utilizó el agua potable que se utiliza en el Laboratorio de Química Analítica.

Se determinó la dureza total expresada como carbonato de calcio y carbonato de magnesio respectivamente. El trabajo se realiza por triplicado y se considera el promedio de las tres determinaciones como el resultado de la determinación.

5º Método para la determinación de la dureza total.

Se empleó el método volumétrico. Utilizando solución valorada de complexón III en medio alcalino y como indicador eriocromo negro T se determina la dureza de calcio y magnesio en la muestra. Un mismo volumen de muestra a analizar se trató con solución de NaOH para llevar el pH a 13 y se añadió como indicador muréxida,

de esta forma solo se determina solo la presencia de calcio. Por diferencia de la dureza total (dureza de Ca y Mg) menos la dureza de calcio se obtiene la dureza de Mg. Los pasos son los siguientes:

A) PREPARACIÓN DE REACTIVOS

Preparación de una solución valorada de EDTA 0.1 N

El peso molecular del complexón III o EDTA es 372.24 g. El equivalente química es $PM/2$, luego el Eqq = 186.12 g. Se pesan 18.612 g de EDTA y se disuelven en 1,000 mL de agua destilada.

Solución valorada de CaCl₂ 0.1 N

-Disolver 7.3483 g CaCl₂ · 2 H₂O y completar a un volumen de 1000 mL en una fiola.

Indicador eriocromo negro T

Eriocromo negro T ----- 0.1
NaCl p.a. ----- 19.9 g

Se colocan en una un mortero de porcelana, se mezcla uniformemente y tritura finamente.

Indicador muréxida

Muréxida 0.1 g
NaCl 19.9 g

Se colocan en un mortero de porcelana se homogeniza y se tritura

Solución reguladora amoniacal

Hidróxido de amonio (D = 0.88) ----- 57 mL
Cloruro de amonio p.a. ----- 6.75 g
Agua destilada csp ----- 100 mL

Solución de NaOH 2 M

Se pesan 8.00 g de hidróxido de sodio y se disuelven hasta completar 100 mL de disolución.

B) VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE EDTA

Se miden 25 mL de la solución valorada de CaCl_2 0.1 N se pasan a un Erlenmeyer de 250 mL agréguese 1 mL de la solución reguladora más 30 mg de la mezcla del indicador. Se adquiere un color rojo.

Cargar una bureta con la solución de EDTA y dejar caer poco a poco sobre el Erlenmeyer hasta que el color del indicador vire de color rojo a azul nítido anotase el número de ml de solución de EDTA que utilizó en hacer virar el color del indicador.

El trabajo se realiza por triplicado

C) CÁLCULOS

$$N \text{ EDTA} = 25 \times 0.1/\text{gasto}$$

6º Determinación de la dureza de calcio y magnesio del agua

- Con una probeta graduada medir 100 mL del agua en estudio y transferirla a un Erlenmeyer de 500 mL.
- Agregar 4 mL de la solución reguladora amoniacal más 30 mg del indicador eriocromo negro T. Se obtiene un color rojizo.
- Desde una bureta dejar caer poco a poco la solución de EDTA valorada, hasta que se perciba un color azul.
- Se repiten dos titulaciones más.

7º Determinación de la dureza de calcio

- Con una probeta graduada medir 100 mL del agua en estudio y transferirla a un Erlenmeyer de 500 mL.
- Agregar 4 mL de la solución hidróxido de sodio 2 M más 30 mg

del indicador muréxida. Se obtiene un color rosado.

- Desde una bureta dejar caer poco a poco la solución de EDTA valorada, hasta que se perciba un color azul violáceo

- Se repiten dos titulaciones más.

Cálculos: *Se empleará la siguiente expresión:*

$$g = N \text{ EDTA} \times E_{q \text{ Ca}} \times \text{mL} \times 10$$

g = gramos de calcio

N EDTA = normalidad de solución EDTA

E_q Ca = valor del equivalente químico del calcio

mL = mililitros de solución de EDTA utilizados

10 = factor para llevar a litro y se expresará como ppm

8º Determinación de la dureza de Ca⁺⁺ Y Mg⁺⁺ en el agua en estudio

Primero se determinó la dureza total del agua a estudiar es decir la dureza de Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺, lo cual consideramos como valor basal del agua en estudio.

Conocida la dureza del agua a emplear en el trabajo se procedió a preparar las aguas turbias artificiales con grados de turbidez de 5, 10, 20, 40, y 80 UNT; a estas aguas también se les determinó su dureza de Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺, lo que presentamos como dureza del agua antes de ser tratada con los extractos a ensayar.

Para la investigación si los extractos a ensayar, extracto acuoso y etanólico 10% respectivamente procedentes de semillas secas y molidas de Moringa oleífera tienen la capacidad de reducir la

dureza del agua en estudio; a las aguas turbias preparadas artificialmente y que conocíamos su dureza se les sometió al tratamiento con los extracto etanólico y acuoso de Moringa respectivamente a dosis de 6 mL de extracto/100mL agua en estudio. Las muestras con tratamiento y sin tratamiento se agitan por 10 minutos y se dejan en reposo por 30 minutos, tiempo después del cual se filtran y desde aquí se toman las alícuotas para las determinaciones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS.

4.1 Resultados.

4.1.1. Del material estudiado.

Fueron las semillas de la especie vegetal Moringa oleífera que crece en el distrito de Humay de Pisco.

4.1.2. De la obtención de semillas.

De una vaina seca se obtiene entre 26 – 30 semillas con un peso que oscila entre 0.3226 – 0.4508g.

4.1.3. De las características de las semillas secas y molidas.

-De las características organolépticas.

Color Crema

Olor Agradable

Sabor Dulzaino ligeramente picante y astringente

Aspecto Pulverulento Granuloso

-De la determinación del contenido de humedad.

Tiene una humedad de 6.98%

-De la determinación del contenido de cenizas.

Tiene un contenido de cenizas de 6.17%.

4.1.4. De la obtención de extractos.

Los extractos obtenidos por el uso de solventes de polaridad creciente presentaron los rendimientos siguientes:

➤ *Extracto éter de petróleo 40.06%*

➤ *Extracto etanólico 1.41%*

➤ *Extracto acuoso 0.93%*

El rendimiento de extractos etanólico obtenido directamente del material analizado fue de 37.83%

El rendimiento de extracto acuoso obtenido directamente del material utilizado fue de 11.45%

El rendimiento de extracto acetato de etilo procedente de la partición con acetato de etilo fue de 0.84%

4.1.5. De la caracterización de los extractos

- Los resultados de las características organolépticas de los extractos se presentan en el cuadro siguiente:

**CUADRO N° 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS EXTRACTOS DE
SEMILLAS DE MORINGA OLEIFERA.**

Observado	Ext. Polaridad creciente			Ext. Etan.	Ext. Acuo.	Ext. Ac. De etilo
	<i>EP</i>	<i>Etan</i>	<i>Acu</i>			
<i>Color</i>	<i>Amarillo</i>	<i>Amarillo tenue</i>	<i>Incoloro</i>	<i>Ámbar</i>	<i>Amarillo tenue</i>	<i>Amarillo tenue</i>
<i>Olor</i>	<i>Aceite</i>	<i>Inodoro</i>	<i>Inodoro</i>	<i>Suigeneris</i>	<i>Suigeneris</i>	<i>Inodoro</i>
<i>Sabor</i>	<i>astriigente</i>	<i>Astringente picante</i>	<i>Insípido</i>	<i>Astringente picante Dulzaino</i>	<i>Astringente y picante</i>	<i>Insipido</i>
<i>Aspecto</i>	<i>oleoso</i>	<i>Fluido oleoso</i>	<i>Líquido denso</i>	<i>Oleoso</i>	<i>Líquido denso</i>	<i>Aceitoso</i>

Fuente: Observaciones de los autores del trabajo

- Resultados de las determinaciones de metabolitos secundarios.

Los resultados de la determinación de metabolitos secundarios se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO Nº 5:
RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE METABOLITOS
SECUNDARIOS EN LOS EXTRACTOS DE SEMILLAS DE
MORINGA OLEÍFERA

Reacción	Ensayo en	Resultado
<i>Tricloruro férrico</i>	<i>Ext. Éter de petróleo</i>	<i>Negativo</i>
	<i>Ext. Etanólico directo</i>	<i>Positivo +</i>
	<i>Ext. Acuoso directo</i>	<i>Positivo +</i>
<i>Ninhídrina</i>	<i>Ext. Etanólico directo</i>	<i>Positivo +</i>
	<i>Ext. Acuoso directo</i>	<i>Positivo +++</i>
	<i>Ext. Acuoso pol. creciente</i>	<i>Positivo +</i>
<i>Gelatina-Sal</i>	<i>Ext. Etanólico directo</i>	<i>Negativo</i>
	<i>Ext. Acuoso directo</i>	<i>Negativo</i>
<i>Shinoda</i>	<i>Éter de petróleo</i>	<i>Negativo</i>
	<i>Etanólico directo</i>	<i>Positivo +</i>
	<i>Acuoso directo</i>	<i>Negativo</i>
	<i>Acetato de etilo</i>	<i>Positivo</i>
<i>Rosenheim</i>	<i>Ext. Etanólico directo</i>	<i>Negativo</i>
	<i>Ext. Acuoso directo</i>	<i>Negativo</i>
	<i>Acetato de etilo</i>	<i>Negativo</i>
<i>Lieberman Burchard</i>	<i>Ext. Éter de petróleo</i>	<i>Positivo</i>
	<i>Etanólico directo</i>	<i>Positivo</i>
	<i>Etanólico pol. creciente</i>	<i>Negativo</i>
	<i>Acuosos</i>	<i>Negativos</i>
<i>Bourtraguer</i>	<i>Ext. Éter de petróleo</i>	<i>Negativo</i>

	<i>Etanólicos</i> <i>Acuosos</i> <i>Acetato de etilo</i>	<i>Negativo</i> <i>Negativo</i> <i>Negativo</i>
<i>Cumarinas</i>	<i>Etanólicos</i> <i>Acuosos</i> <i>Acetato de etilo</i>	<i>Negativo</i> <i>Negativo</i> <i>Negativo</i>
<i>Dragendorff</i>	<i>Etanólico directo</i> <i>Acuoso directo</i>	<i>Positivo +</i> <i>Positivo +</i>
<i>Mayer</i>	<i>Etanólico directo</i> <i>Acuoso directo</i>	<i>Negativo</i> <i>Negativo</i>
<i>Wagner</i>	<i>Etanólico directo</i> <i>Acuoso directo</i>	<i>Negativo</i> <i>Negativo</i>
<i>Hager</i>	<i>Etanólico directo</i> <i>Acuoso</i>	<i>Negativo</i> <i>Negativo</i>
<i>Saponinas</i>	<i>Etanólico directo</i> <i>Acuoso directo</i>	<i>Positivo +</i> <i>Positivo +</i>

Fuente: Los autores del trabajo

4.1.6. De la determinación cuantitativa de fenoles totales (FT)

Los resultados son los siguientes:

A. DE LAS ABSORBANCIAS DE LAS SOLUCIONES PATRON DE ÁCIDO GÁLICO.

Los resultados \bar{X} de 3 determinaciones se presentan en el cuadro y gráfico siguiente:

CUADRO N° 6
RESULTADO DE LAS ABSORBANCIAS DE LAS SOLUCIONES
PATRON DE ÁCIDO GÁLICO FRENTE AL REACTIVO DE
FOLIN-CIOCALTEU

Muestra	Absorbancias	Absorbancia menos blanco
<i>Blanco</i>	0.026	0.000
50	0.218	0.192
100	0.412	0.406
150	0.673	0.647
200	0.898	0.872
250	1.022	0.996

Fuente: Los autores del trabajo

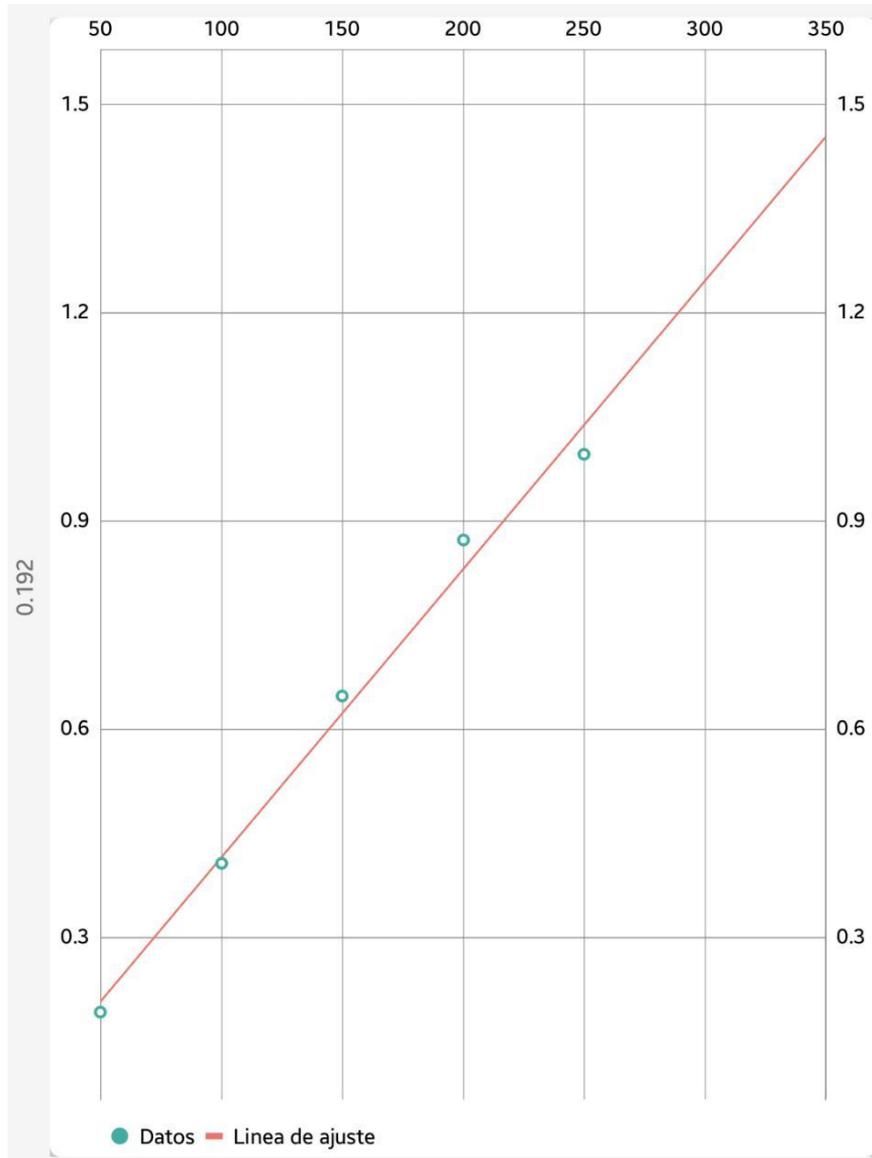
Estos datos fueron analizados por el método estadístico de los mínimos cuadrados y se determinaron los valores de la recta $Y = mx + b$. Obteniéndose los valores:

$$m = 0.00415$$

$$b = 0.0001$$

$$R^2 = 0.9898$$

GRÁFICO N° 1.
CURVA DE CALIBRACION PARA LA DETERMINACION DE
FENOLES TOTALES



Fuente. Cuadro N° 6

Con estos datos y aplicando la ecuación de la recta se calculan las concentraciones de fenoles totales de las muestras (valores X) ya que se conocen las absorbancias (valores Y) de las muestras.

B. ABSORBANCIAS Y CONTENIDO DE POLIFENOLES EN LAS MUESTRAS ANALIZADAS.

Los resultados de las absorbancias, contenido de fenoles expresados como mg equivalente a ácido gálico/100 mL y % (g de fenoles (EAG)/100g de muestra se presentan en los cuadros y gráficos siguientes:

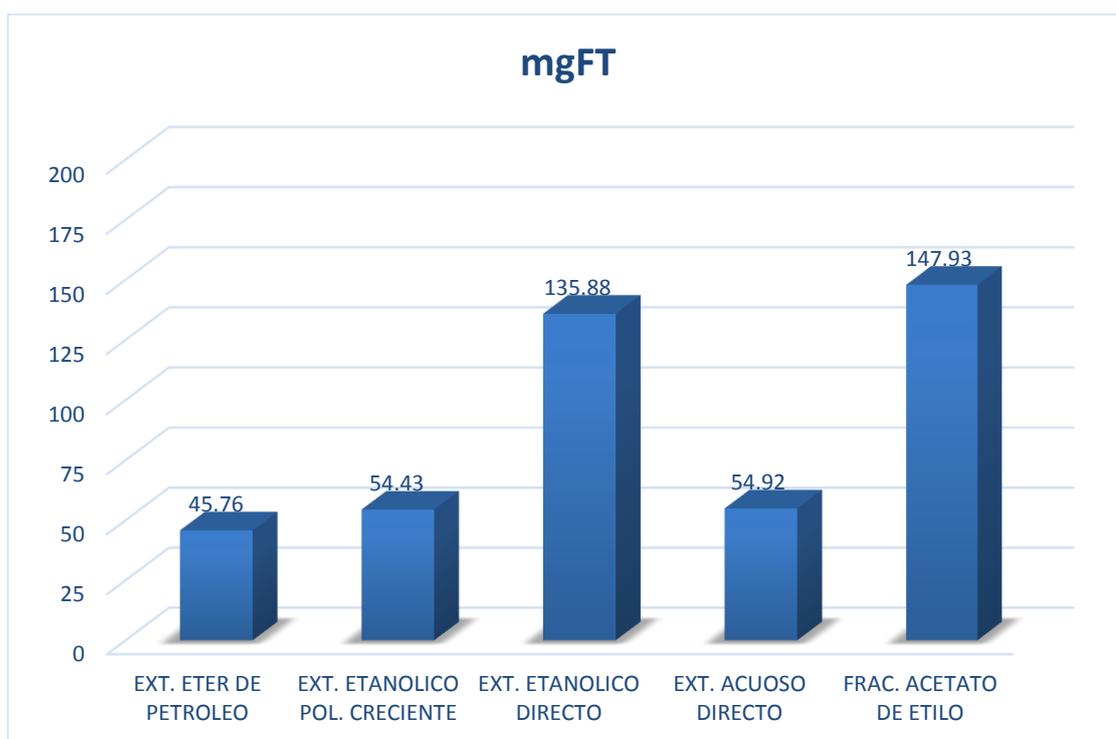
CUADRO N° 7
RESULTADO PROMEDIO DE 3 DETERMINACIONES DE FENOLES TOTALES EXPRESADOS COMO mg DE FENOLES TOTALES EQUIVALENTES A ÁCIDO GÁLICO (EAG)/100 mL

EXT. Y/O FRACC.	ABSORB.	ABS BLANCO	mg FT
Blanco	0.028	----	----
Ext. Éter de petróleo	0.218	0.190	45.76
Ext. Etanólico pol. Creciente	0.254	0.226	54.43
Ext. Etanólico directo	0.592	0.564	135.88
Ext. Acuso directo	0.256	0.228	54.92
Frac. .Acetato de etilo	0.642	0.614	147.93

Fuente Los autores del trabajo

GRÁFICO N° 2

CONTENIDO DE FENOLES TOTALES EN LOS EXTRACTOS DE SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA EXPRESADOS COMO mg FT EQUIVALENTES A ACIDO GALICO/100 mL



Fuente. Cuadro N° 7

En el gráfico se puede apreciar que es el extracto acetato de etilo el que tiene mayor contenido de fenoles totales con 143.97 mg FT (EAG)/100 mL, mientras que el de menor contenido es el extracto éter de petróleo con 45.75 mg FT (EAG)/100 mL.

4.1.7 De la determinación de la capacidad de los extractos etanólicos y acuoso 10% de Moringa oleífera para reducir la dureza del agua potable.

Los resultados se presentan en el cuadro y gráficos siguientes:

CUADRO Nº 8. RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA CON TURBIDEZ DE 5, 10, 20, 40 Y 80 UNT ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO CON EXTRACTOS DE MORINGA OLEIFERA.

100 mL de agua Turbia de (UNT)		DETERMINACIÓN					
		BASAL 184.90		TRATAMIENTO			
		166.8	18.1	Ext. Etanólico		Ext. Acuoso	
		Dur. Ca ⁺⁺	Dure. Mg ⁺⁺	Dure. Ca ⁺⁺	Dure. Mg ⁺⁺	Dure. Ca ⁺⁺	Dure. Mg ⁺⁺
5	1	170.86	18.22	39.06	6.12	22.02	2.45
	2	168.18	18.25	37.55	6.06	23.30	2.48
	3	169.16	18.43	38.71	6.09	22.45	2.36
	X	169.40	18.30	38.44	6.09	22.59	2.43
	% Disminución de la dureza				77.30	66.72	86.66
10	1	173.28	18.20	43.70	6.06	31.05	3.12
	2	171.39	18.89	44.13	6.15	30.30	3.03
	3	171.48	18.32	44.23	6.33	30.81	3.12
	X	172.05	18.47	44.02	6.18	30.72	3.09
	% Disminución de la dureza				77.41	66.54	82.14

20	1	178.06	19.15	65.90	8.12	50.46	5.10
	2	178.13	19.02	64.13	7.98	50.67	6.12
	3	177.51	18.77	66.29	8.02	50.46	5.64
	X	177.9	18.98	65.44	8.04	50.53	5.62
	% Disminución de la dureza			63.21	57.63	71.60	70.39
40	1	188.70	20.03	63.07	11.41	44.72	4.02
	2	186.90	19.48	62.92	10.96	45.04	4.20
	3	189.00	19.89	62.59	11.47	44.82	4.14
	X	188.2	19.80	62.86	11.2	44.86	4.12
	% Disminución de la dureza			66.60	43.43	76.16	79.19
80	1	210.10	20.60	70.02	12.44	52.60	5.70
	2	209.40	21.45	69.86	12.13	52.21	5.53
	3	209.6	21.94	71.02	12.66	52.84	5.83
	X	209.7	21.33	70.30	12.41	52.55	5.65
	% Disminución de la dureza			66.48	41.87	74.94	73.51

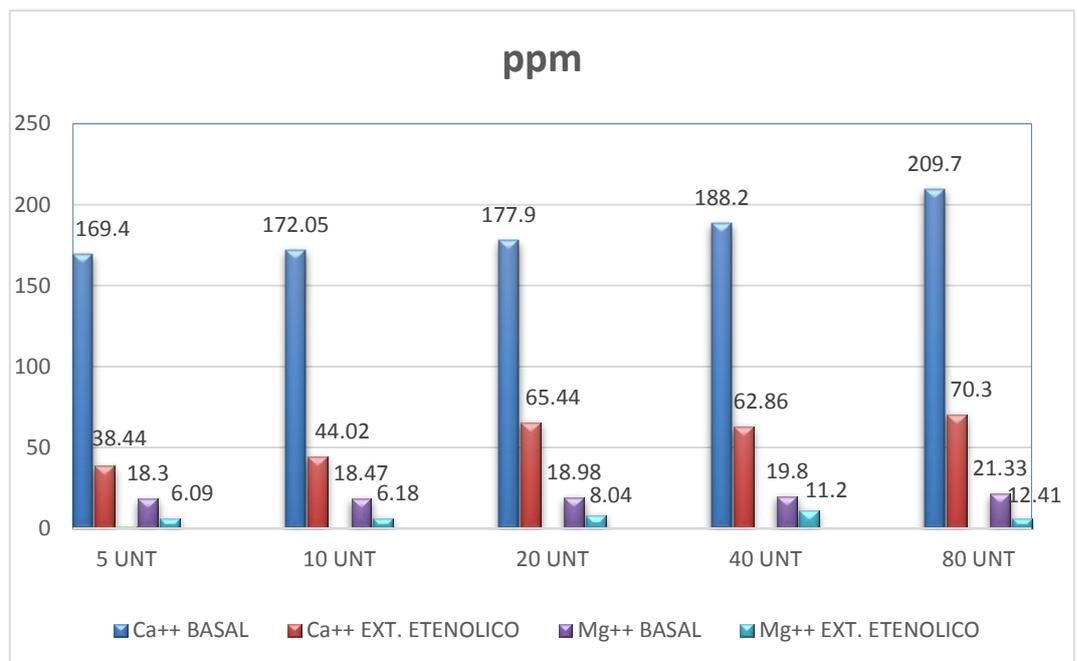
Fuente: de los autores del trabajo

En el cuadro se puede apreciar que el extracto acuoso tiene mayor efectividad para disminuir la dureza del agua. Y que a menor turbiedad del agua es mejor la disminución de la dureza. Para aguas con turbiedad de 5 UNT. La dureza de calcio disminuye de 169.40 a 22.59 ppm y la de magnesio de 18.30 a 2.43 ppm. Mientras que para aguas turbias de 80 UNT, la dureza de calcio disminuye de 209.7 a 52.55 ppm y la de magnesio 21.33 disminuye a 5.65 ppm. En todos los casos la dureza se reporta como ppm de carbonatos de calcio y magnesio respectivamente. Mientras que el extracto etanólico tiene

menor efectividad para disminuir la dureza del agua. Conservando la tendencia que a menor turbiedad del agua es mejor la disminución de la dureza. Para aguas con turbiedad de 5 UNT. La dureza de calcio disminuye de 169.40 a 38.44 ppm y la de magnesio de 18.30 a 6.09 ppm. Mientras que para aguas turbias de 80 UNT, la dureza de calcio disminuye de 209.7 a 70.30 ppm y la de magnesio disminuye de 21.33 a 12.41 ppm. En todos los casos la dureza se reporta como ppm de carbonatos de calcio y magnesio respectivamente.

GRÁFICO N° 3

DISMINUCION DE LA DUREZA (ppm) DE AGUAS TURBIAS ARTIFICIALES DE 5, 10, 20, 40 Y 80 UNT POR ACCIÓN DEL EXTRACTO ETANÓLICO 10% DE SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA



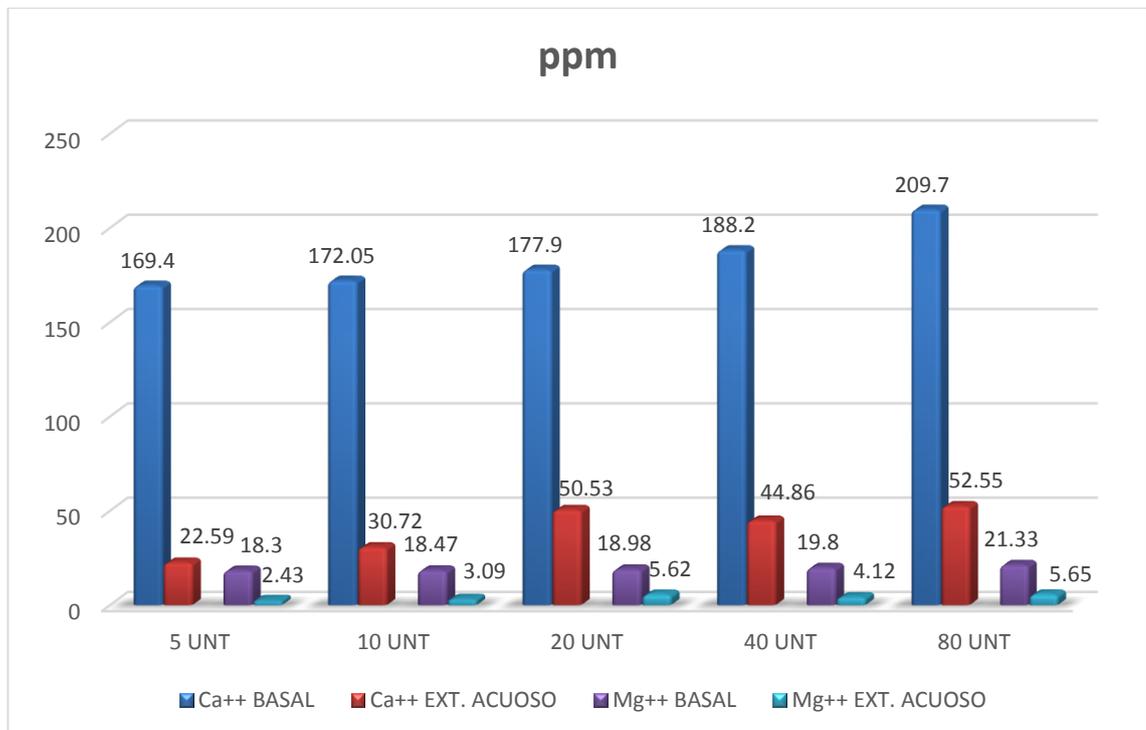
Fuente: Cuadro N° 8

En el gráfico se puede apreciar que el extracto etanólico tiene una efectividad para disminuir la dureza del agua que conserva la

tendencia que a menor turbiedad del agua es mejor la disminuci3n de la dureza. Para aguas con turbiedad de 5 UNT, la dureza de calcio disminuye 77.30% y la de magnesio 66.72%. Mientras que para aguas turbias de 80 UNT la disminuci3n de la dureza de calcio es 66.48% y la de magnesio 41.87%.

GRÁFICO N° 4

DISMINUCIÓN DE LA DUREZA (ppm) DE AGUAS TURBIAS ARTIFICIALES DE 5, 10, 20, 40 Y 80 UNT POR ACCIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO 10% DE SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA

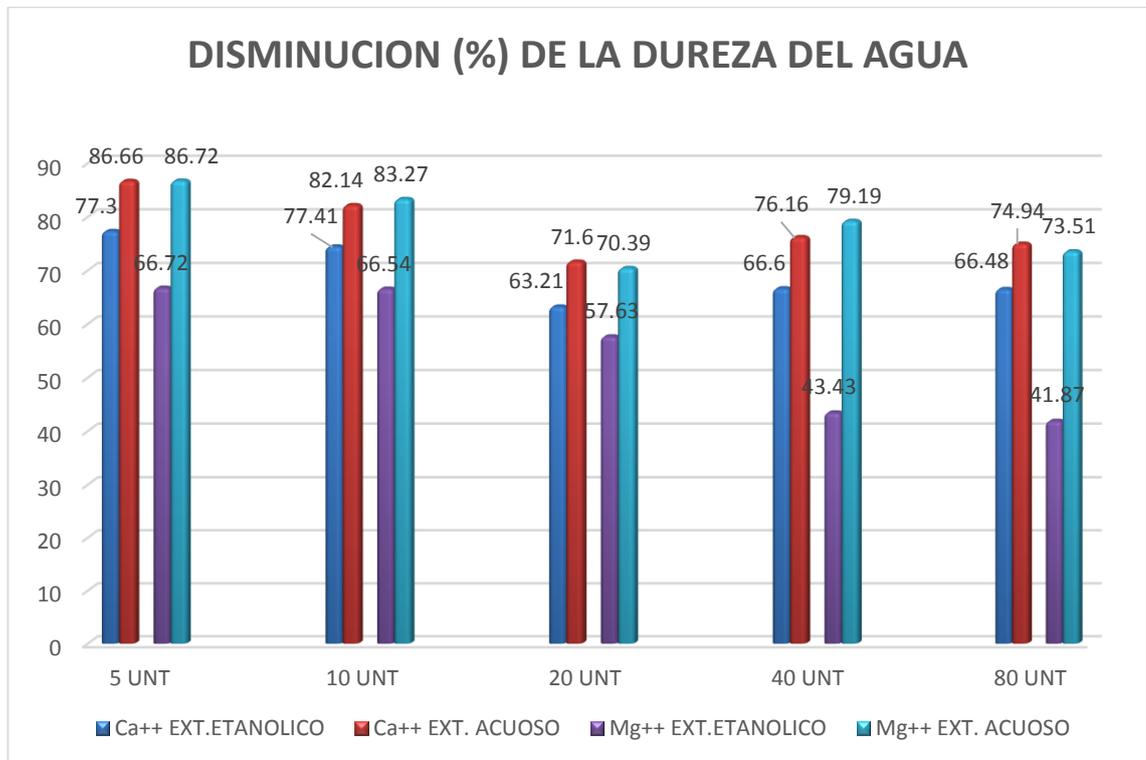


Fuente: Cuadro N° 8

En el gráfico se puede apreciar que el extracto acuoso tiene mejor efectividad para disminuir la dureza del agua con una tendencia que a menor turbiedad del agua es mejor la disminución de la dureza. Para aguas con turbiedad de 5 UNT. La dureza de calcio disminuye 86.66% y la de magnesio 86.72%. Mientras que para aguas turbias de 80 UNT la disminución de la dureza de calcio es 74.94% y la de magnesio 73.51%.

GRÁFICO N° 5

COMPARACIÓN DE LA DISMINUCIÓN (%) DE LA DUREZA DE AGUAS TURBIAS ARTIFICIALES DE 5, 10, 20, 40 Y 80 UNT POR ACCIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO Y ETANÓLICO 10% DE SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA.



Fuente: Cuadro N° 8

Se puede apreciar que en las aguas de diferentes turbideces: 5, 10, 20, 40 y 80 UNT, el extracto acuoso presenta mejor actividad para disminuir la dureza del agua y la tendencia es de que a mayor turbidez del agua tratada disminuye la efectividad del extracto en la disminución de la dureza del agua tratada.

4.2 DISCUSIÓN

*El árbol de la vida (**Moringa oleífera**) es una especie vegetal que últimamente viene siendo estudiada en varias partes de nuestra esfera, esto lo demuestra el hecho de encontrar varias publicaciones que estudian alguna propiedad del vegetal que prácticamente todas sus partes, como hojas, raíz, tallo, fruto, vainas y semillas; se utilizan y cada una de ellas con diferentes aplicaciones, estas afirmaciones las reporta también Martín C¹⁴ y Gómez⁷. En diferentes lugares del mundo incluido nuestro país existen centros poblados urbanos y urbano-marginales que en consumo de agua potable es casi en su totalidad de agua que proviene del subsuelo que se almacena en pozos y mediante bombas hidráulicas son llevadas a la superficie y consumida por los usuarios. Este tipo de agua tiene la propiedad de presentar diferentes grados de dureza, y a más dureza, es decir más presencia de sales solubles de calcio y magnesio, más complicaciones presenta su uso. Por lo que resulta importante pre-tratarlas antes de su uso, esta apreciación es compartida con otros investigadores como Rondón M¹⁴. Entre los muchos recursos para disminuir la dureza del agua, el uso de las semillas de **Moringa oleífera** ha sido y es una alternativa a recurrir. Se propone el uso del material que queda después de separar su alto contenido de aceite de esta semilla. Para la obtención de aceite de *Moringa oleífera* algunos valores reportados son los de*

Ogbunugafor⁸ 41.47%, Mani S⁹ 33.1%, Bratnagar A⁶ 39% y Anwar F⁵ valores entre 33.23 - 40.90%. En nuestro trabajo para las semillas de *Moringa oleífera* estudiadas hallamos un contenido de aceite de 40.06%. Para este material Anwar F⁵, Nepolean P¹² y Shailaja A¹¹ reportan la presencia de metabolitos secundarios del tipo glicósidos esteroidales, tocoferoles y alcaloides. En nuestro trabajo coincidimos en reportar compuestos de tipo triterpenos esteroidales y saponinas; mas no alcaloides. Coincidimos además con otros autores en el reporte de compuestos de naturaleza fenólica y flavonoides como Nepolean¹² Ogbunugafor⁸, este último reporta un contenido de fenoles totales de 40.87 mg FT(EAG)/g, Govardhan R¹⁰ reporta un contenido de fenoles totales de 4,173 mg FT(EAG)/100 g de muestra, nosotros hemos determinado en el que el extracto etanólico directo 10% tiene un contenido de FT equivalentes al de una solución de ácido gálico de 135.88 mg/100 mL y en el extracto acetato de etilo obtenido de la partición del extracto acuoso 10% un contenido de FT equivalentes al de una solución de ácido gálico de 147.93 mg/100 mL. Con respecto a nuestro principal objetivo hemos observado que el extracto acuoso ensayado a razón de 0.6 mL/100 mL de muestra ensayada tiene mejor actividad para disminuir la dureza de aguas turbias preparadas artificialmente con agua potable con la tendencia de mayor actividad cuanto menos turbia es el agua;

así para aguas turbias de 5 UNT con una dureza basal de 170.82 ppm CaCO₃ y 18.22 ppm MgCO₃ el porcentaje de remoción de la dureza fueron de 86.66 y 86.72% respectivamente, mientras que para aguas turbias con 80 UNT con una dureza basal de 209.70 ppm CaCO₃ y 21.33 ppm MgCO₃, la disminución de la dureza de calcio y magnesio fueron de 74.94 y 73.51% respectivamente. Otros valores reportados para la disminución de la dureza del agua por parte de las semillas desengrasadas de Moringa oleífera son los reportados por Rondón M¹⁴ quien informa que a la dosis de 149.73 mg/L se obtiene una disminución de la dureza de 80.18%. Murillo J¹⁵ reporta que el polvo de la semilla desengrasada de moringa oleífera para reducir la dureza del agua de 524.8 ppm a 122.4 ppm de CaCO₃ respectivamente lo cual representa un 76.67% de efectividad.

CONCLUSIONES

- *De las semillas secas, sin cutícula y molidas se obtiene un material pulverulento cuyos extractos etanólico y acuoso tienen la capacidad de disminuir la dureza del agua.*
- *De los extractos obtenidos de las semillas de Moringa oleífera secas, sin cutícula y molidas se demuestra la presencia de metabolitos secundarios del tipo compuestos químicos de tipo fenólico, flavonoides, taninos, triterpenos esteroidales, saponinas y aminoácidos.*
- *El extracto acuoso tiene la capacidad para remover la dureza del agua turbia preparada artificialmente con grados de turbidez de 5, 10, 20, 40, y 80 UNT, observándose que esta capacidad es mayor cuanto menos turbia es el agua así para aguas con 5 UNT de turbidez el % de remoción de la dureza es de 86.67%, mientras que para aguas con 80 UNT de turbidez el % de remoción de la dureza total del agua es de 74.80%. Mientras que para éstas mismas aguas el extracto etanólico tiene la capacidad de reducir la dureza del agua en 76.27 y 64.19% respectivamente.*

RECOMENDACIONES

1. *Continuar con el estudio de las semillas secas, sin cutícula y molidas. Primero para obtener extracto acuoso y/o extracto etanólico e iniciar estudios para determinar la eficacia de estos extractos impregnados en una fase estacionaria y puedan ser utilizados como material de empaque en columnas ablandadoras de agua.*
2. *Ejecutar estudios sobre el marco que queda después de la obtención de los extractos etanólico y/o acuoso a fin de determinar sus posibles usos en la alimentación humana o animal.*

FUENTES DE INFORMACION

1. Catalán J. 1969, *Química del Agua*. Editorial Blumer, España.
2. Fujihuntusa, S.A. *Agua, pH y Conductividad para los Impresores*.
http://www.fujihuntusa.com/pdfs/graphic/literature_guides/AquapHCond.pdf Consultado Octubre 2008.
3. *Tratamiento de Aguas Residuales* – R.S. Ramalho – Editorial Reverté S.A: - Barcelona Bogotá – Buenos Aires – Caracas – México.3ra. Edición – Mayo.
4. Martín C, Martín G, García A y colaboradores. *Potenciales aplicaciones de moringa oleífera. Una revisión crítica. Pastos y Forrajes vol.36 no.2 Matanzas abr.-jun. 2013*
5. Anwar F, Asharf M, Bhangar I. *Interprovenance variation in the composition of Moringa oleifera oilseeds from Pakistan. JAOCS vol 82.Issue 1.Jan 2005 pag 45-51*
6. Bhatnagar A.S y Gopala A.K. *Antioxidantes naturales de aceites de semillas de Moringa oleifera variedad Jaffna de origen indio en comparación con otros aceites vegetales. Rev. Grasas y Aceites, 64 (5), octubre-diciembre, 537-545, 2013*
7. Gómez D, Pita V, Zumala B. *Caracterización de aceites de las semillas de Moringa Oleífera a partir de la extracción por diferentes métodos. Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XVIII No. 2 Julio-Diciembre 2016, 106-111*
8. Ogbunugafor H, Eneh F, Ozumba A. y col. *Physico-chemical and Antioxidant Properties of Moringa oleifera Seed Oil. Pakistan Journal of Nutrition 10 (5): 409-414, 2011*
9. Mani S, Jaya R y Vadivambal. *Optimization of Solvent Extraction of Moringa (Moringa Oleifera) Seed Kernel Oil Using Response Surface Methodology. Food and Bioproducts. Vol 85,issue 4,Dic 2007,pages 328-335*
10. Govardhan R, Singh P Negi S. y col. *Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts*

of Moringa oleifera seed flour. Journal of functional food. Vol 6, Issue 4, Oct 2013, pages 1883-1891

11. Shailaja G. Ravindra G. Mehta M. *Protective Effect of Ethanolic Extract of Seeds of Moringa oleifera Lam. Against Inflammation Associated with Development of Arthritis in Rats. Journal of Immunotoxicology, 4:39–47, 2007*
12. Nepolean P, Anitha J y Renitha E. *Isolation, analysis and identification of phytochemicals of antimicrobial activity of Moringa oleifera Lam. Current Biotica Vol 3, issue 1, 2009*
13. Leone A, Spada A, Battezzati A y col. *Moringa oleifera Seeds and Oil: Characteristics and Uses for Human Health. Review Int. J. Mol. Sci. 2016, 17(12), 2141*
14. Rondón M, Díaz Y, Rodríguez S y col *Empleo de semillas de Moringa oleifera en el tratamiento de residuales líquidos. Riha vol.38 no.2 La Habana May.-Ago. 2017*
15. Murillo Horna J. *Determinación de la dureza del agua de consumo, de la Urbanización Covicorti, antes y después del tratamiento mediante floculación con Moringa Oleífera “Moringa” Abril – Mayo 2017. Tesis Para optar el Grado Académico de Bachiller en Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional de Trujillo*
16. Villarreal A, Ortega K. *Revisión de las características y usos De la planta Moringa oleífera Investigación y desarrollo vol.22 no 2. Barranquilla July/Dec. 2014.*
17. Marrero D. Vicente R, González V y col. *Composición de ácidos grasos del aceite de las semillas de Moringa oleífera que crece en La Habana, Cuba. Revista Cubana de Plantas Medicinales vol.19 no.2 Ciudad de la Habana abr.-jun. 2014*
18. García-Fayos B, Arnal J, Alandia S. *Estudio de la descontaminación de efluentes líquidos con elevada concentración de metales pesados mediante bioadsorbentes de moringa oleífera. XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia, 11-13 de julio de 2012*

19. Liñán F. *Moringa oleifera* el árbol de la nutrición. Artículo de Revisión *Ciencia y Salud* Vol. 2 No. 1, diciembre de 2010 pp. 130-138
20. Foidl N., e. a., Foidl, N., Mayorga, L., y Vásquez, W. (1999). Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. *Agroforestería para la alimentación animal en Latinoamérica*, 143, 143-341.
21. ITIS. (20 de 11 de 2015). ITIS Report. Obtenido de ITIS Report: http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSNyse_arch_value=503874. Singh and M.P. Singh). Bishen Singh Mahendrapal Singh Publishers, 1, 676.
22. Garavito, U. (2008). *Moringa oleífera, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de http://www.engormix.com/moringa_oleíferalimento_ecologico_s_articulos_1891_AGR.htm.
23. Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., y Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark: Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, 33(4), 1.
24. Castro, M. A. (2013). *El árbol moringa (Moringa oleifera Lam.): una alternativa renovable para el desarrollo de los sectores económicos y ambientales de Colombia*. Recuperado el 05 de 11 de 2015, de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/10956/1/Plantaciones%20de%20moringa%20en%20Colombia.pdf>
25. AGRODESIERTO. (10 de 10 de 2015). *Agrodesierto*. Obtenido de <http://www.agrodesierto.com/>
26. Cáceres, A., Freire, B., Girón, L., Avilés, O., y Pacheco, G. (1991). Estudio etnobotánico en Guatemala de *Moringa oleifera* Lam. (C. M. CEMAT, Ed.) *Economic Botany*, 522-523.
27. Siddhuraju, P., y Becker, K. (2003). *Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agro-*

- climatic origins of drumstick tree (Moringa oleífera Lam.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 15, 2144-2155.*
28. Faizi, S., Siddiqui, B. S., Saleem, R., Aftab, K., Shaheen, F., y Gilani, A. H. (1998). *Hypotensive constituents from the pods of Moringa oleífera. Planta Med., 64, 225-228.*
 29. Muyibi, S. A., y Evison, L. M. (1995). *Moringa oleifera seeds for softening hard water. Water Res., 29, 1099.*
 30. Sharma, P., Kurami, P., Srivastava, M. M., y Srivastava, S. (2006). *Removal of cadmium from aqueous system by shelled Moringa oleifera Lam seed powder. Bioresource Technology, 97, 299-305.*
 31. Pacheco, R. M. (2006). *Análisis del intercambio de plantas entre México y Asia de los siglos XVI al XIX. Master's Thesis. México: UNAM.*
 32. Paiva, P., Napoleão, T., Sá, R., y Coelho, L. (2012). *Insecticide activity of lectins:*
 33. Kleiman, R., Ashley, D., y Brown, J. (2008). *Comparación de dos aceites de semillas utilizadas en cosméticos, moringa y marula. Cultivos y Productos Industriales, 361-364.*
 34. Green Earth Appeal. (03 de 11 de 2015). *Export Market Potential for Smallholder Farmers in Haiti.* Obtenido de MORINGA: http://www.greeneearthappeal.org/images/SFA_Moringa_Study.pdf
 35. Martínez, J., Carballo, H. A., y Rocha, R. L. (2011). *Valoración de las propiedades nutricionales de Moringa oleífera en el departamento de Bolívar. Revista de ciencias, 15, 23-30.*
 36. Abdulkarim, S. M., Long, K., Lai, O. M., Muhammad, S. K., y Ghazali, H. M. (2005). *Algunas propiedades físicoquímicas de Moringa oleífera aceite de semilla extrajeron mediante métodos enzimáticos solvente y acuosa. Food Chem.*
 37. Fahey, J. W. (2005). *A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. Trees for Life Journal, 5*

38. Ndiaye, M., Dieye, A. M., Mariko, F., Tall, A., Sall Diallo, A., y Faye, B. (2002). *Contribution an l'etude de l'activite anti-inflammatoire de Moringa oleifera (Moringaceae)*. *Dakar Med.*, 47, 210.
39. Ndong, M., Uehara, M., Katsumata, S., y Suzuki, K. (2007). *Effects of oral administration of Moringa oleifera Lam on glucose tolerance in Goto–Kakizaki and Wistar rats*. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 40, 229-233.
40. Bharali, T., Tabassum, J., y Azad, M. R. (2003). *Chemomodulatory effect of Moringa oleifera Lam, on hepatic carcinogen metabolizing enzymes, antioxidant parameters and skin papillomagenesis in mice*. *Asian Pacific J. Cancer Prev.*, 4, 131
41. Olson, M. E., y Fahey, J. w. (2011). *Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas*. *Mex. Biodiv.*, 1071-1082.
42. Vernon L. Snoeyink, David Jeankins, *Química del Agua*, 5ª. Reimpresión, Editorial Limusa, S.A. de C.V., México, 1999.
43. Rodiers J. *Análisis de Agua*. 1998. Editorial Omega www.textoscientificos.com/quimica/dureza-ablandamiento-agua *
44. Willevaldo Melitón León Hancco. *Impacto en la salud por consumo de agua dura en pobladores de la parte baja del río Chili, Arequipa, Perú*. 2008.
45. Chang Raymond y COLLEGE Williams. "Química". 2002. 7ª Edición. Ed. MacGRAW- Hill. México D.F.
46. Brand –Williams W, Cuvellier. *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity*. *LWT – Food Science & Technology*, 28, 25–30. 1995.
47. Gary D. Christian. *Química Analítica*. 6ª Edición. Editorial Mc Graw – Hill. 2,009.
48. Daniel H. Harris. *Análisis Químico Cuantitativo*. 3ª Edición. Editorial Reverte S.A. 2,003.
49. Carmen Cámara- Concepción Pérez Cond. *Análisis Químico de Trazas*. Editorial Síntesis.

50. *Skoog – West - Holler – Crouch. Fundamentos de Química Analítica. Editorial Cengage – Learning. 2,005*
51. *Pearson. “Composición y Análisis de los Alimentos” Edit. Continental. 1992. Harris D. “Análisis Químico Cuantitativo” 2da Ed. Edi.Reverte S.A. 2001.*
52. *Lock O. “Investigaciones Fitoquímicas” Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. 1992.*

Ica, Noviembre del 2018

ANEXO.

Anexo Nº 1: Matriz de consistencia.

Planteamiento del Problema	Hipótesis	Variables	Objetivos	Estrategia Metodológica
<p>El problema queda enmarcado en la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las características de los extractos de semillas de Moringa Oleífera y cuál es su eficacia para disminuir la dureza del agua potable?</p>	<p>Los extractos de semillas de Moringa oleíferas se caracterizan por tener compuestos de naturaleza fenólica con eficacia para disminuir la dureza del agua potable</p>	<p><u>Variable Independiente</u></p> <p><u>e</u></p> <p>Semillas y extractos de Moringa Oleífera</p> <p><u>Variables Dependiente</u></p> <p><u>s</u></p> <p>Ablandamiento de del agua</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar cuáles son las características de los extractos de semillas de Moringa Oleífera y cual su eficacia para disminuir la dureza del agua potable</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar la eficacia de los extractos acuosos y etanólico de semillas de Moringa Oleífera para el ablandamiento de aguas duras</p>	<p><u>Tipo de investigación</u></p> <p align="center">-</p> <p><u>Nivel de investigación</u></p> <p align="center">-</p> <p><u>Diseño de investigación</u></p> <p align="center">-</p> <p><u>Población:</u></p> <p><u>Muestra:</u></p>

Anexo № 2: Fotos

