



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras distribuir, combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial y, a pesar que son nuevas obras deben siempre rendir crédito y ser no comerciales, no están obligadas a licenciar sus obras derivadas bajo los mismos términos.

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



AT 2026-FFBB-017

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título de **Informe final de tesis** es:

Procesos para el ablandamiento del agua dura tratada con residuos de *Moringa Oleífera*, *Opuntia Ficus Indica* y Aluminio - Silicatos

Presentado por:

SAYRITUPAC GONZALES DAYELI ROCIO

Bachiller del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **FARMACIA Y BIOQUÍMICA**. El resultado obtenido es 3% por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Con Código de Matricula: 20173516

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 03 de febrero de 2026

.....
Dr. PEÑA GALINDO JULIO JOSE
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



“UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Farmacia y Bioquímica



"Procesos para el ablandamiento del agua dura tratada con
residuos de *Moringa Oleífera*, *Opuntia Ficus Indica* y Aluminio -
Silicatos"

Línea de Investigación

Salud Pública y Conservación del Medio Ambiente

INFORME FINAL DE TESIS

AUTOR

BACH. SAYRITUPAC GONZALES DAYELI ROCIO

Ica, Perú

2025

DEDICATORIAS

A Dios por darme salud hasta hoy en día y que me haya permitido gozar de esta etapa de mi carrera profesional.

A mi papá, por haberme educado desde muy pequeña, gracias a su paciencia infinita y de inculcarme buenos valores y enseñanzas.

A mi mamá, por siempre cuidarme, protegerme y amarme en todo momento.

A mi abuela virginia, que está en el cielo iluminándome y bendiciéndome día a día. El amor que ella me dio en vida nunca lo olvidaré y se que desde el cielo ella celebra este logro tanto como yo.

A mis abuelos Félix, Jacinto y Margarita que también sé que están muy contentos con este logro obtenido. Los amo.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor el **Dr. Unfredo Pabel Apumayta Vega**, por haberme guiado en todo momento durante el desarrollo de mi tesis, por sus conocimientos, sus orientaciones y su manera de trabajar.

A mis docentes, gracias por su dedicación, paciencia y compromiso. Cada clase, cada consejo y cada corrección fueron fundamentales para desarrollarme profesionalmente y fortalecer mi vocación.

A todos los docentes de la Facultad de Farmacia y Bioquímica que contribuyeron en mi formación, gracias por ser parte de este recorrido. Este logro también les pertenece.

La autora

Índice

INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	14
2.1. Enfoque de la de investigación:.....	14
2.2. Aspectos metodológicos	14
2.2.1. Diseño de la Investigación.....	14
2.2.2. Nivel de investigación.	14
2.2.3. Tipo de investigación.....	14
Población y muestra	15
TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	15
2.3.1. Obtención de la muestra a analizar	15
2.3.2. Determinación de las características organolépticas del agua estudiada sin tratamiento	15
2.3.3. Determinación de las características fisico químicas del agua en estudio sin tratamiento.	15
2.3.3.1. Determinación del pH.....	16
2.3.3.2. Determinación del contenido de sólidos solubles totales	16
2.3.3.3. Determinación de la conductividad eléctrica	17
2.3.3.4. Determinación de cloruros.....	18
2.3.3.5. Determinación del contenido de sulfatos	19
2.3.3.6. Determinación de la dureza total del agua	20
2.3.4. Tratamiento del agua potable con residuos de <i>Moringa oleífera</i> , pencas de <i>Opuntia ficus indica</i> y polvo de aluminio-silicatos.	22
2.3.4.1. Tratamiento con semillas de <i>Moringa oleífera</i>	22
2.3.4.2. Tratamiento con pencas <i>Opuntia ficus Indica</i>	24
2.3.4.3. Tratamiento con aluminio -silicatos ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$).....	25
III. RESULTADOS.....	27
Tabla 1. Resultados de las características organolépticas del agua de uso en el laboratorio Química Analítica sin tratamiento alguno.	27
Tabla 2. Resultados de las determinaciones fisico químicas del agua de consumo del laboratorio de química analítica sin tratamiento alguno.	27
Tabla 3. Valores típicos, limites recomendados y/o exigidos para el agua de uso doméstico en el Perú	28

Tabla 4. Resultados de las características organolépticas del agua de uso en el laboratorio Química Analítica después del tratamiento con semillas de <i>Moringa oleífera</i> secas, molidas y extraídos sus extractos etanólico y acuoso	29
Tabla 5. Resultados de las determinaciones físico químicas del agua de consumo del laboratorio de química analítica tratada con semillas de <i>Moringa oleífera</i>	29
Tabla 6. Resultados de las características organolépticas del agua de uso en el laboratorio Química Analítica después del tratamiento pencas de <i>Opuntia ficus Indica</i> (tuna) y extraídos sus extractos etanólico y acuoso.....	30
Tabla 8. Resultados de las características organolépticas del agua de uso en el laboratorio Química Analítica después del tratamiento con polvo de aluminio silicatos.	31
B). De las características físico químicas	31
Tabla 9. Resultados de las determinaciones físico químicas del agua de consumo del laboratorio de química analítica tratada con polvo de aluminio-silicatos activado.	32
IV. DISCUSIÓN	36
V. CONCLUSIONES	38
VI. RECOMENDACIONES.....	39
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	40
VIII. ANEXOS	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de las características organolépticas del agua de uso en el laboratorio Química Analítica sin tratamiento alguno.	27
Tabla 2. Resultados de las determinaciones fisico químicas del agua de consumo del laboratorio de química analítica sin tratamiento alguno.	27
Tabla 3. Valores típicos, límites recomendados y/o exigidos para el agua de uso doméstico en el Perú.....	28
Tabla 4. Resultados de las características organolépticas del agua de uso en el laboratorio Química Analítica después del tratamiento con semillas de <i>Moringa oleifera</i> secas, molidas y extraídos sus extractos etanólico y acuoso	31
Tabla 5. Resultados de las determinaciones fisico químicas del agua de consumo del laboratorio de química analítica tratada con semillas de <i>Moringa oleifera</i>	29
Tabla 6. Resultados de las características organolépticas del agua de uso en el laboratorio Química Analítica después del tratamiento pencas de <i>Opuntia ficus</i> Indica (tuna) y extraídos sus extractos etanólico y acuoso.....	30
Tabla 7. Resultados de las determinaciones fisico químicas del agua de consumo del laboratorio de química analítica tratada con pencas de <i>Opuntia ficus</i> Indica(tuna) y extraídos sus extractos etanólico y acuoso.....	30
Tabla 8. Resultados de las características organolépticas del agua de uso en el laboratorio Química Analítica después del tratamiento con polvo de aluminio silicatos.	31
Tabla 9. Resultados de las determinaciones fisico químicas del agua de consumo del laboratorio de química analítica tratada con polvo de aluminio-silicatos activado.	32

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procesos para obtener semillas de <i>Moringa oleifera</i> s secas y molidas.....	22
Figura 2. Procesos para obtener pencas de <i>Opuntia ficus Indica</i> secas y molidas.....	24
Figura 3. Gráfico de barras que presenta los valores de pH recomendados por el DS N°031-2010-SA en contraste con los valores de pH determinados para el agua sin tratamiento y con los tratamientos aplicados.....	33
Figura 4. Gráfico de barras que presenta los valores de sólidos disueltos recomendados por el DS N°031-2010-SA en contraste con los valores de sólidos disueltos totales determinados para el agua sin tratamiento y con los tratamientos aplicados.....	33
Figura 5. Gráfico de barras que presenta los valores de conductividad eléctrica recomendados por el DS N°031-2010-SA en contraste con los valores de conductividad eléctrica determinados para el agua sin tratamiento y con los tratamientos aplicados.....	34
Figura 6. Gráfico de barras que presenta los valores de cloruros recomendados por el DS N°031-2010-SA en contraste con los valores de cloruros determinados para el agua sin tratamiento y con los tratamientos aplicados.....	34
Figura 7. Gráfico de barras que presenta los valores de sulfatos recomendados por el DS N°031-2010-SA en contraste con los valores de sulfatos determinados para el agua sin tratamiento y con los tratamientos aplicados.....	35
Figura 8. Gráfico de barras que presenta los valores de dureza total del agua recomendados por el DS N°031-2010-SA en contraste con los valores de dureza total determinados para el agua sin tratamiento y con los tratamientos aplicados.....	35

RESUMEN

Título: "Procesos para el ablandamiento del agua dura tratada con residuos de *Moringa Oleífera*, *Opuntia Ficus Indica* y aluminio - silicatos"

Objetivo: Determinar cuál es el mejor proceso para el ablandamiento del agua dura tratada con residuos de *Moringa oleífera*, *Opuntia ficus Indica* y aluminio – silicatos.

Método: Es un estudio de diseño experimental cuantitativo y por el nivel de la información conseguida es transversal y básico.

Resultados: El agua estudiada sin tratamiento alguno presenta características organolépticas y físico químicas que cumple con las exigidas y recomendadas en el DS N°34-2010, Excepto que su contenido de dureza total 360 ppm CaCO_3 y la norma recomienda 100 – 300 ppm, pero acepta hasta 500 ppm. Por lo que es un agua moderadamente dura. El mejor tratamiento a esta dureza es con polvo de semilla de *Moringa oleífera* que fue secada y sometido a la extracción de sus extractos: etanólico y acuoso, reduce la dureza a 242.5 ppm pero el agua así tratada tiene un sabor desagradable. El tratamiento con polvo de aluminio silicatos activado reduce la dureza total a 258 ppm de CaCO_3 y los cloruros de 158.66 ppm a 124.2 ppm y conserva el sabor agradable.

Conclusiones: El agua potable del Laboratorio de Química Analítica tratada con polvo de semilla de *Moringa oleífera* serviría solamente para ser usada en su destilación para obtener agua destilada.

Palabras clave: Dureza de agua, *Moringa Oleífera*, Aluminio-silicatos.

ABSTRACT

Title: “Processes for softening hard water treated with waste from *Moringa Oleifera*, *Opuntia Ficus Indica* and aluminum silicates”

Objective: To determine the best process for softening hard water treated with *Moringa oleifera*, *Opuntia ficus Indica*, and aluminum silicate residues.

Method: This is a quantitative experimental design study, and the level of information obtained is cross-sectional and basic.

Results: The water studied without any treatment exhibited organoleptic and physical-chemical characteristics that met the requirements and recommendations of DS No. 34-2010, except that its total hardness content was 360 ppm CaCO₃, and the standard recommends 100–300 ppm but accepts up to 500 ppm. Therefore, it is moderately hard water. The best treatment for this hardness is with dried *Moringa oleifera* seed powder, which has been subjected to extraction of its ethanolic and aqueous extracts. It reduces the hardness to 242.5 ppm, but the treated water has an unpleasant taste. Treatment with activated aluminum silicate powder reduces the total hardness to 258 ppm of CaCO₃ and chlorides from 158.66 ppm to 124.2 ppm, while preserving the pleasant taste.

Conclusions: The drinking water from the Analytical Chemistry Laboratory treated with *Moringa oleifera* seed powder would only be suitable for distillation to obtain distilled water.

Keywords: Water hardness, *Moringa oleifera*, Aluminum silicates.

I. INTRODUCCIÓN

El agua como consecuencia de su estructura molecular tiene la propiedad de disolver con facilidad compuestos iónicos, compuestos polares y solubilizar otros de carácter lipídico siendo una de las propiedades de gran importancia porque está presente en diversas aplicaciones y para el mantenimiento de la vida en el planeta. El agua potable es aquella que se puede ingerir y que abastece a los seres humanos y satisface sus necesidades, ya que en su composición química no presenta contaminantes objetables que produzcan disfunciones al organismo (1). Para comprobar si el agua que se consume es efectivamente potable, se toman muestras y se someten a análisis químicos con el fin de determinar su conductividad eléctrica, el pH, la dureza total, la dureza cálcica, cloruros, sulfatos. Estos análisis permiten saber si el agua cumple con los parámetros establecidos para aguas potables. El agua es de vital importancia porque en medio acuoso ocurren la mayoría de las reacciones bioquímicas que mantienen la vida. Asimismo, las aplicaciones del agua prácticamente están en todas las esferas de actividades que se desarrollan cotidianamente. La contaminación del agua tiene un gran impacto tanto en la salud como en el medio ambiente la apreciable concentración de componentes indeseables (por ej., cloruros, nitratos y metales pesados) limita la viabilidad del líquido y aumenta su toxicidad, por lo que el estudio de la contaminación, la medición de sus efectos y el control de su evolución son aspectos de suma importancia. Es imprescindible monitorear la calidad del agua, la presencia de coliformes fecales, el cloro libre, la alcalinidad, la cantidad de sólidos suspendidos, la conductividad y la dureza, ya que los contaminantes provienen de diferentes prácticas humanas que afectan su calidad y, por ende, todas las actividades y organismos que dependen de ella (1). La conductividad eléctrica del agua es un parámetro que permite medir su capacidad para conducir la electricidad, la cual va a depender de las concentraciones de iones disueltos. A mayor cantidad de iones, mayor será la conductividad. Por ello, el agua pura o destilada tiene una conductividad muy baja, mientras que el agua de mar tiene una conductividad significativamente más alta. Esta propiedad es un indicador de la salinidad y la presencia de contaminantes disueltos en el agua. El pH es un parámetro que indica la calidad del agua, las aguas ácidas disuelven los metales presentes en materiales, los cuales pueden ser ingeridos y afectan negativamente la salud (2). La dureza del agua señala la concentración de cationes metálicos multivalentes presentes en ella. Existe la dureza transitoria que es por la presencia de

bicarbonatos de calcio y magnesio que desaparece cuando el agua se hierve formándose carbonatos insolubles que se precipitan en el fondo del recipiente formando las incrustaciones, caliche o sarro; y la dureza permanente que es por las presencias de toda la demás sales disueltas en el agua como son los cloruros, sulfatos, nitritos, entre otros. El agua dura contiene un alto nivel de minerales y cantidades variables de compuestos, en particular sales de magnesio y calcio, que son las causantes de la dureza. Por lo general las aguas duras son procedentes de aguas de pozo. El agua que se consume en todas las instalaciones de la ciudad Universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica procede de pozo. Y presenta problemas de dureza transitoria ya que al ser usada para obtener agua destilada se deposita sarro en los ductos metálicos que sirven para la transferencia del calor y convertir el agua en vapor para su condensación y obtención del agua destilada. Para intentar atenuar este problema desarrollamos el presente estudio cuyo problema principal fue evaluar cual es el mejor proceso para el ablandamiento del agua dura usando residuos de *Moringa oleífera*, *Opuntia ficus Indica* y aluminio – silicatos. Se desarrollaron actividades principalmente para cumplir con el objetivo de Determinar cuál es el mejor proceso para el ablandamiento del agua dura que se utiliza en el Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica al ser tratada con residuos de *Moringa oleífera*, *Opuntia ficus Indica* y aluminio – silicatos. La problemática de la dureza del agua trasciende en diferentes ámbitos por lo que son varios los intentos de tratar el agua con el propósito de disminuir su dureza. Así tenemos los trabajos desarrollados por los investigadores siguientes:

Granizo C. (3) En el año 2023 presenta un trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la efectividad de un mineral aluminosilicatos para reducir la dureza del agua de la localidad de Cacha. El mineral es sometido a un proceso de pretratamiento para eliminar carbonatos y materia orgánica. Los iones restantes se homogenizan y se divide en dos porciones según malla 150 y 200 μm respectivamente. Se determina la dureza inicial del agua en 522.4 ppm aplicándose la relación 50 g de material ensayo por litro de agua tratada. Los resultados indicaron que el mejor tratamiento para reducir la dureza corresponde al de una arcilla fina ($150 < \mu\text{m}$) tratada térmicamente (750°C) y agitada por 4 horas, con un porcentaje de remoción de la dureza del agua en 45.89 %.

Prato J. (4) En el año 2022 Desarrolla un trabajo con el objetivo de determinar la reducción de la dureza de las aguas naturales utilizando lechos de carga variable preparados a partir de dos materiales litológicos oxídicos (MLO), denominados “Material C” y “Material L”, que fueron

recolectados de depósitos naturales en Venezuela. Los resultados revelan que la presencia de óxidos anfóteros de Fe, Si y Al. La presencia de óxidos anfóteros de hierro, silicio y aluminio en la estructura del lecho ocasionan una reducción 12.51 y 11.02 ppm de CaCO₃ para los lechos L y C respectivamente.

Pérez B. (5) En el año 2022 desarrolló un trabajo con el objetivo de los efectos de los aluminosilicatos activados en la remoción de la dureza del agua, utilizó como material 1 kg de ladrillo artesanal provenientes de residuos de la construcción, estandarizó la muestra a tamaño de 1.0 mm. La dureza basal de 356 ppm bajó a 228 ppm.

Prato J. (6) En el año 2021 investigó los efectos de las rocas naturales y con tratamiento químico alcalino de los volcanes Tungurahua y Reventador sobre la adsorción de la dureza del agua. Comprobando que la retención de la dureza del agua depende de los óxidos anfóteros de fierro, aluminio y titanio concluye que las rocas del volcán Tungurahua retiene hasta el 65 % de la dureza del agua mientras las del volcán Reventador 41.6 % concluyendo que este método permitiría obtener aguas blandas de forma sencilla, económica y sustentable.

Barreño E. (7) En el año 2020 manifiesta que el agua contaminada utilizada en el riego de los cultivos ha sido y es el principal problema y propone que la utilización de plantas acuáticas puede servir como técnica alternativa para la fitorremediación en contraste con los métodos físicos utilizados frecuentemente. Propone el uso de lechugín y lenteja de agua para este propósito. Obtuvo un muestreo del agua de la cuenca del rio Blanco y evaluó: pH, conductividad eléctrica, dureza total, nitritos y sulfatos antes y después del tratamiento de las aguas. Concluyendo que lechugín reduce la dureza de 218 ppm a 154 ppm.

Quintana A. (8) En el año 2019 desarrolló un trabajo con el objetivo de mejorar el sistema de filtración en la Empresa Cosmogreen S.A.S en la ciudad de Cúcuta - Colombia, con el fin de remover la dureza del agua captada desde un pozo subterráneo. El sistema consta de 3 filtros de intercambio iónico donde evaluó la calidad del agua con los parámetros siguientes: dureza total, sólidos suspendidos, pH, conductividad, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno. Planteó dos sistemas de pre filtrado. Con la implementación del sistema de pre - filtrado, se pudo disminuir la dureza del agua un 39% siendo una solución viable para ayudar al sistema de filtrado.

Capccha J. (9) En el año 2018 Desarrolla un trabajo de investigación con la parte interna de las semillas secas y molidas de la especie vegetal *Moringa oleifera* (Árbol de la Vida) obteniendo un extracto usando solventes por polaridad creciente como hexano, diclorometano, etanol y agua. Donde obtiene el extracto etanólico directo y extractos acuosos directo. Determinando metabolitos secundarios de naturaleza fenólica y triterpenos esteroidales y saponinas. Realizó un

ensayo para atrapar la dureza del agua potable y refiere que el extracto acuoso es capaz de reducir la dureza de calcio de 209.70 ppm CaCO_3 en 74.94 % y la dureza de magnesio 21.33 ppm MgCO_3 en 73.51% respectivamente.

Morillo H. (10) En el año 2018 desarrolla un estudio con el objetivo de comprobar si el tratamiento de las aguas duras con semillas de *Moringa oleífera* baja la dureza de las aguas. Sus resultados demuestran que las aguas duras disminuyen significativamente su dureza después del tratamiento.

Ramírez H. (11) En el año 2015 manifestó que en los países en vías de desarrollo la falta de agua de calidad aún sigue siendo un serio problema, presenta una revisión para dar a conocer los agentes naturales en el tratamiento de las aguas naturales y concluye que son dos los agentes naturales de mayor uso: *La Moringa oleífera* y diferentes tipos de cactus.

Donayre P. (12) En el año 2014 presenta un estudio del agua proviene del pozo que surte agua a la ciudad Universitaria. Esta agua se bombea del pozo y directamente llega a los destinos trazados. El estudio tiene el propósito de determinar las características organolépticas y físico químicas del agua sin tratamiento y del agua tratada térmicamente, hasta la temperatura de ebullición y mantenida este estado en diferentes tiempos los valores basales de las características físico químicas mencionadas. Los valores basales del agua estudiada fueron los siguientes: pH 7.1, sólidos solubles totales 512.32 mg/litro, conductividad eléctrica 452.3 su/cm, cloruros 97.74 ppm, sulfatos 109.16, dureza total 10.25 meq de EDTA / L, dureza expresada como ppm CaCO_3 435 y dureza de mg expresada como ppm de MgCO_3 63.22. Un volumen de 6 litros de agua se hierve sobre una olla de acero inoxidable y como fuente de calor una cocina a gas. Cuando el agua alcanza la temperatura de ebullición se retira 500 ml cada 5 minutos, y se determina el contenido de la dureza total. Se determina que en el minuto 13, 14 y 15 el contenido de dureza total de agua son los mismos. Concluyendo que son trece minutos de hervido del agua para que alcance su máximo ablandamiento. La dureza total a partir de los trece minutos de hervido del agua es 6.7 meq EDTA/L, la dureza de Ca expresada como CaCO_3 , es 295 ppm y la dureza de magnesio expresada como MgCO_3 es de 33.72 ppm.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Enfoque de la de investigación:

La metodología de la investigación resulta ser una herramienta eficaz para postular soluciones a problemas o atenuaciones a un problema detectado (13). En este estudio observé que el destilador para obtener agua destilada para ser utilizada en los diferentes trabajos de prácticas que se realizan en el laboratorio de Química Analítica suele tener siempre el mismo problema. Las resistencias eléctricas, que proporcionan el calor para la ebullición del agua que debe de pasar por el condensador y obtenerse agua destilada, permanentemente se le deposita en su superficie sarro o caliche afectando la transmisión de calor y consecuentemente la disminución de la producción de agua destilada y de seguir acumulando caliche lo cual ocasiona la fractura de la resistencia y detención de la producción de agua destilada. Este problema se genera porque el agua que se emplea para el funcionamiento de equipo de destilación procede de pozo y naturalmente estas aguas suelen tener dureza temporal elevada. Y para prolongar la vida útil de las resistencias eléctricas sería conveniente que esta agua tenga algún tratamiento preliminar. Motivo por lo cual he investigado ¿cuál es el efecto, que tienen las semillas de *Moringa oleífera*, pencas de *Opuntia ficus Indica* y polvo de aluminio - silicatos (arcilla blanca) sobre la dureza del agua que se usa en Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Farmacia y bioquímica.

2.2. Aspectos metodológicos

2.2.1. Diseño de la Investigación

El estudio es de diseño experimental, por el tiempo y la secuencia en que se desarrollará el trabajo la investigación será un estudio transversal dado que la muestra a tratar como la información hallada son del mismo tiempo en que se ejecuta el trabajo.

2.2.2. Nivel de investigación.

Se trata de un estudio básico puesto que dejará información útil para utilizar un material que permita disminuir la dureza del agua potable.

Será un trabajo investigación cuantitativo puesto que se medirán las variables procesos de obtención de manto filtrante y cuantificación de componentes químicos del agua estudiada antes y después de su tratamiento.

2.2.3. Tipo de investigación.

Los tipos de investigación según el enfoque del estudio es una investigación cuantitativa porque se utilizan métodos para determinar en qué medida, expresada como parte por millón, disminuye la dureza del agua potable por efecto de alguno de los materiales a la que se expone el agua en estudio que preliminarmente se le conoce su valor de dureza

expresada también en ppm, atendiendo el tiempo en que se consigue la información se trata de un trabajo de corte transversal.

Población y muestra

Población

La población está constituida por toda el agua potable que discurre en la ciudad universitaria que proceda del único pozo con que cuenta este recinto.

Muestra

La muestra está constituida por 40 litros de agua potable que discurre en los diferentes grifos o caños del Laboratorio de Química Analítica de la facultad de Farmacia y Bioquímica.

TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

2.3.1. Obtención de la muestra a analizar

La toma de muestra se hizo a tempranas horas de la mañana 8.00 – 9.00 a.m

Procedimiento. Se eligen 3 grifos a caños para la toma de muestra. Se lavan con detergente, se enjuagan con agua potable y después con agua destilada, se deja escurrir un minuto el agua y luego haciendo uso de un vaso de precipitados de 2.0 L de cada grifo se recolecta 8.0 litros de agua y se unen las aguas en dos bidones nuevos de plástico color cristalino constituyendo la muestra a analizar. Desde aquí se cogen las diferentes alícuotas para los análisis.

2.3.2. Determinación de las características organolépticas del agua estudiada sin tratamiento

Toma de muestra

Utilizando los órganos de los sentidos se evaluará:

Color: En un vaso de precipitados de 100 mL se depositan 50.0 mL del agua en estudio, se deja en reposo por 15 minutos y se juzga el color.

Olor: El mismo vaso conteniendo el agua en que se juzgó el color se lleva a la altura de las fosas nasales y aireando con la palma se percibe el olor.

Aspecto: Culminada la apreciación del olor el vaso es examinado para la apreciación de su aspecto visual y al tacto.

Sabor: Después de evaluar el aspecto se procede a degustar un trago de la muestra para la evaluación de su sabor.

2.3.3. Determinación de las características físico químicas del agua en estudio sin tratamiento.

Para esta parte del trabajo se retira 2.0 L del agua en estudio y desde aquí se cogen las diferentes alícuotas. Se realizaron las determinaciones siguientes:

2.3.3.1. Determinación del pH

1° Definición:

El pH es una de las pruebas más comunes para establecer en parte la calidad del agua, Se mide en una escala de 0 a 14 considerando al valor 7 para el agua neutra es decir sin presencia de acidez o alcalinidad (14). Valores inferiores a 7 indicará que el agua esta ácida y valores superiores 7 indicará que el agua es alcalina. Todos los organismos vivos se desarrollan en determinados márgenes del pH que va desde 6.5 - 8.5, la alteración de una unidad de pH es extremadamente peligroso para la vida. Al ser una escala logarítmica una unidad de variación, de 6 a 5 por ejemplo, indica 10 veces más el aumento de su concentración.

2° Método: Potenciometría digital utilizando el Potenciómetro de la marca HANNA modelo Edge.

3° Procedimiento:

-Se procede a la calibración del equipo con solución buffer de pH 4 primero y luego con solución buffer de pH 10.

-En un vaso de precipitados de 100 mL se depositan aproximadamente 50 mL del agua en estudio, se enciende el potenciómetro calibrado, se introduce en el agua y se espera dos minutos y en la pantalla digital del equipo se registra el pH de la muestra analizada.

4° Cálculos

El resultado se lee directamente de la pantalla digital.

2.3.3.2. Determinación del contenido de solidos solubles totales

1° Definición

En el agua potable se define como sólido soluble a todos los componentes químicos que se encuentran disueltos en el agua, principalmente son de naturaleza inorgánica como: calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y pequeñas cantidades de materia orgánica solubles en el agua. Según la OMS, el nivel de TDS (sólidos disueltos totales) ideal en agua (mg/l): menos de 300 excelente, 300 – 600 bueno (15).

2° Método Se realizó por el método gravimétrico.

3° Fundamento

El método se basa en la aplicación de calor controlado a la muestra que se analiza para la expulsión del agua que sirve de disolvente a los sólidos disueltos. Culminada la expulsión del agua queda como residuo la parte sólida que inicialmente estuvo disuelta.

4° Procedimiento En un vaso de precipitados de 100 mL se depositan agua en estudio; Se cogen 3 cápsulas de porcelana de 7.0 cm de diámetro y se depositan 25 mL de la muestra a estudiar, se lleva a la estufa a 90°C y se mantiene allí por una hora para permitir la evaporación de agua, cuidadosamente se retira y se agregan 25 mL más de la muestra a estudiar se lleva nuevamente a la estufa graduada a 90°C para seguir permitiendo la evaporación del agua, el proceso se repite hasta por cuatro veces en el que se completa 100 mL de agua estudiada que ha sido sometido a la expulsión total del agua. En este último proceso la capsula se deja en la estufa hasta alcanzar peso constante. El trabajo se realizó por triplicado (16).

5° Cálculos

Por diferencia de pesos de las capsulas conteniendo los sólidos solubles menos el peso de la capsulas vacías se determina el peso de solido soluble, respectivamente.

El resultado se expresa en mg/L, se emplea la relación siguiente:

$$SS = XD \times 10$$

Donde:

SS = solidos solubles en mg/L

XD = promedio de solidos solubles de las tres determinaciones

2.3.3.3. Determinación de la conductividad eléctrica

1° Definición

La conductividad eléctrica del agua es una medida de la capacidad que tiene para conducir la corriente eléctrica. En el sistema internacional se expresa como Siemens por metro o $\mu\text{S}/\text{cm}$ a una temperatura de 25°C.

La conductividad es el inverso de la resistencia específica, y se expresa en micromho por centímetro ($\mu\text{mho}/\text{cm}$), equivalentes a microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) o mili Siemens por centímetro (mS/cm) en el Sistema Internacional de Unidades (17).

3° Método Conductimetría digital

4° Procedimiento

Se utilizó el conductímetro de la marca HANNA modelo HI1835 calibrado. En un vaso de precipitados de 100 mL se depositan 80 mL del agua en estudio, se introduce el electrodo, se enciende el equipo y se espera un minuto para la lectura del resultado.

5° Resultado

El resultado se toma directamente de la pantalla digital del equipo.

2.3.3.4. Determinación de cloruros.

1° Definición

El anión cloruro es un ion con carga negativa que se forma cuando el átomo de cloro gana un electrón, siendo el principal anión del líquido extracelular en el cuerpo humano y crucial para el mantenimiento del equilibrio de fluidos, la presión osmótica y la neutralidad iónica en la sangre. También participa en funciones fisiológicas, como la producción de ácido clorhídrico en el estómago y la regulación de los niveles de pH (18).

La presencia de cloruros en el agua potable puede deberse a causas naturales o fuentes antropogénicas. Su concentración se usa como parámetro de calidad del agua de consumo ya que una elevada concentración afecta negativamente al sabor y favorece al potencial de corrosión del agua aumentando su potencial para destruir tuberías y estructuras. De allí se hace necesario el control de cloruros en las aguas (19).

En España se ha establecido que el valor paramétrico para cloruros es de 250 ppm, este indica el límite máximo permitido para garantizar la calidad del agua.

2° Método de análisis Volumetría de precipitación método de Mohr

3° Fundamento

El método se basa en la reacción del ion cloruro presente en el material que se analiza con el catión plata de una solución de nitrato de plata de concentración conocida en presencia del indicador cromato de potasio. Cuando todo el ion cloruro presente en la alícuota ensayada reacciona con el ion plata cuantitativamente se termina de formar un precipitado de color blanco que es el AgCl. Una gota de exceso de la solución valorada de nitrato de plata al no encontrar cloruro libre reaccionará con el ion cromato y se formará un precipitado de color rojo ladrillo que señala el punto final de la titulación.

4° Procedimiento

Se coge un Erlenmeyer de 250 mL y se depositan 100 mL de la muestra a analizar, seguidamente se agrega 0.5 mL de solución de K_2CrO_4 al 5 % y se titula con solución recientemente valorada de $AgNO_3$ 0.1 N.

5°Calculos

Los resultados se expresarán en parte por millón, utilizando la relación siguiente:

$$\text{Ppm Cl}^- = \text{mLG} \times \text{N} \times 167.9 \times 10$$

Donde:

Ppm Cl = partes por millón de cloruros

mLG = MI de nitrato de plata gastados en la titulación

167.9 = mg de ion Cl⁻ /meq Cl⁻

10 = Factor para expresar en litro

2.3.3.5. Determinación del contenido de sulfatos

1° definición Los sulfatos son sales de ácido sulfúrico, y en el agua se presentan como iones sulfato (SO₄²⁻ los más comunes en el agua son los de sodio, potasio y magnesio). Proviene de la disolución de las rocas y del terreno que está en contacto con el agua que se potabiliza. Una elevada concentración en el agua potable es indeseable porque afecta la salud produciendo un efecto laxante (20). En muchos países, el nivel máximo aceptable para el agua potable es alrededor de 250 mg/L para evitar problemas de sabor y salud (21).

2° Método de análisis Se determina por gravimetría de precipitación.

3°Fundamento

El método se basa en la reacción entre el ion sulfato solubilizado en el agua en estudio por la acción del reactivo precipitante cloruro de bario, el precipitado formado se separa por filtración, se lava, se seca y calcina para obtener sulfato de bario; desde esta forma se expresa el resultado en ppm.

4° Procedimiento

En un vaso de precipitados de 250 ml se colocan 100 ml del agua en estudio se añade 1.0 mL de solución de HCl 1 M, se agita y se lleva al calor hasta 75- 80 °C. Seguidamente se agita con la varilla de vidrio mientras se deja caer el reactivo precipitante 8 mL de solución de BaCl₂ al 5 %, se verifica que la precipitación del ion sulfato ha sido total y se deja en reposo en baño maría por 2 horas. Transcurrido el tiempo se filtra sobre papel de filtro libre de cenizas. El lavado se continúa hasta que el filtrado no muestre reacción negativa a la acidez y el papel filtro que tiene al precipitado lavado se le coloca en una capsula de peso constante. La capsula se lleva a la acción del calor directo para carbonizar el papel filtro, cuando deja de salir humo la capsula se traslada a la mufla calibrada a 560°C por 2 horas y se controla hasta peso constate. Se

enfria en el desecador y se pesa. Por diferencia del peso de la capsula con el sulfato de bario obtenido menos el peso de la capsula vacia se obtiene la cantidad de sulfato de bario obtenido (20).

5° Cálculos

Los resultados se expresan en ppm de ion sulfato con la relación siguiente:

$$\text{Ppm}(\text{SO}_4^{2-}) = \frac{\text{pIong}(\text{SO}_4^{2-})}{\text{PM BaSO}_4} \times \text{g BaSO}_4 \times 10 \times 1000$$

Donde:

$\text{Ppm}(\text{SO}_4^{2-})$ = parte por millón del ion sulfato

$\text{p-Iong}(\text{SO}_4^{2-})$ = Peso ion gramo de sulfato 96 g

PM BaSO_4 = peso molecular del sulfato de bario

10 = factor para llevar el volumen a litro

1000 = para convertir g a mg.

En este método el sulfato presente en la muestra que se analiza se precipita por la acción del cloruro de bario, en medio ácido. El precipitado obtenido se separa por filtración, se lavan se secan y calcinan a 560°C. El resultado se expresará como ppm.

2.3.3.6. Determinación de la dureza total del agua

1° Definición

La dureza del agua es la expresión de la concentración de iones disueltos en el agua potable, principalmente iones de calcio y magnesio. Se considera agua dura a aquella que contiene una alta concentración de estos minerales, mientras que el agua blanda a la que tiene una concentración baja. La dureza en el agua se produce cuando el agua atraviesa formaciones geológicas como rocas y suelo, disolviendo dichos minerales (22).

2° Método Volumetría de formación de complejos Usando la sal disódica del Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).

3° Fundamento El método se basa en la relación de iones metálicos de calcio y magnesio mediante la reacción con el reactivo EDTA, que forma complejos estables y solubles con estos iones. Los iones metálicos en presencia de indicadores metalcromicos y pH adecuado forman una disolución coloreada, cuando se titula con EDTA, valorado este complejo ion metálico-indicador metalcromico, se determina que el EDTA tiene mayor afinidad por el ion

metálico y tan pronto como el EDTA reaccione con todo el ion metálico se produce un cambio de color del complejo ion metálico-indicador metalocrómico. Lo que señala que la titulación del ion metálico ha alcanzado su punto final de titulación.

4° Procedimiento

Para la determinación de calcio y magnesio juntos

Se coge un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se coloca 100 mL de la muestra a analizar, seguidamente se 8.00 mL de una solución buffer Cloruro de amonio – hidróxido de amonio, se homogeniza y se añade 30 mg del indicador Eriocromo negro T. Se homogeniza y se titula con solución valorada de EDTA 0.05 N (Normalidad) hasta que el color del sistema inicialmente color vino cambie a color azul.

5° Cálculos de la dureza de Ca y Mg o dureza total del agua

Para expresar la dureza de Ca y Mg respectivamente en ppm se utilizan las expresiones siguientes:

$$1. \text{DCaMg}(\text{meq/L}) = \text{mLGCaMg} \times \text{NEDTA} \times 10$$

DCaMg(meq) = dureza de calcio y magnesio juntas expresadas como meq.

mLGCaMg = ml de solución valorada de EDTA gastados en la titulación de Ca y Mg,

10 = factor para expresar el resultado en litro.

Para la determinación de solamente calcio

Se coge un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se coloca 100 mL de la muestra a analizar, seguidamente se agrega 6.00 mL de una solución de hidróxido de sodio, se homogeniza y se añade 30 mg del indicador Murexida. Se homogeniza y se titula con solución valorada de EDTA 0.05 N hasta que el color del sistema inicialmente color rosado cambie a color lila.

5° Cálculos de la dureza de solamente Ca

Para expresar la dureza de Ca y Mg respectivamente en ppm se utilizan las expresiones siguientes:

$$2. \text{DCa}(\text{meq}) = \text{mLGCa} \times \text{N EDTA} \times 10$$

DCa(meq) = dureza de calcio en meq/L

mLGCa = ml de solución valorada de EDTA gastados en la titulación de solamente calcio.

10 = factor para expresar el resultado en litro.

Resultados:

Dureza de Calcio(ppm) = mLGCa x N EDTA x 10 x 20

Dureza de Magnesio(ppm) = (mLGCaMg - mLGCa) x N EDTA x 10 x 24

Donde:

20 = valor del meq de calcio en mg

24 = Valor del meq de magnesio en mg.

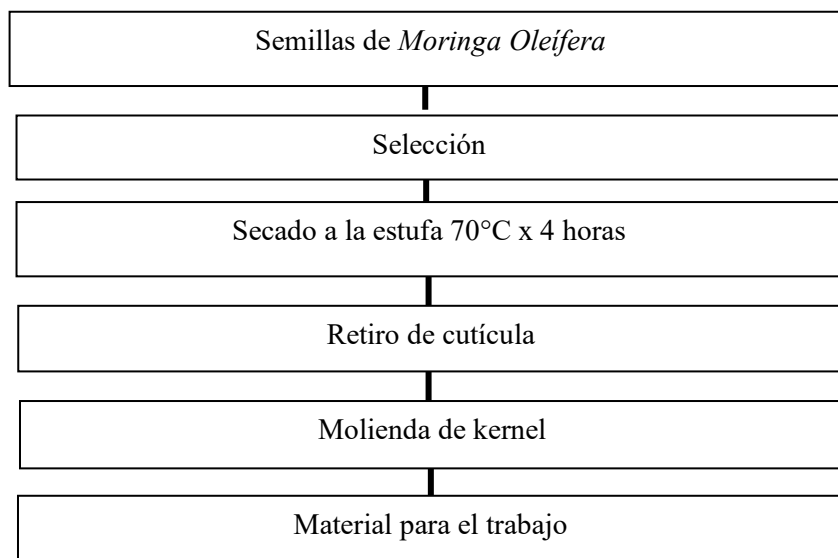
2.3.4. Tratamiento del agua potable con residuos de *Moringa oleífera*, pencas de *Opuntia ficus indica* y polvo de aluminio-silicatos.

2.3.4.1. Tratamiento con semillas de *Moringa oleífera*

a) obtención de semillas secas, molidas y de *Moringa oleífera*

Los procedimientos para obtener semillas de *Moringa oleífera* secas molidas y desengrasadas se detallan en el flujograma siguiente:

Figura1. Procesos para obtener semillas de *Moringa oleíferas* secas y molidas.



b) Separación de extracto etanólico

100 g de semillas de moringa secas y molidas se ponen en un matraz Erlenmeyer de 1,000 ml y se agregan 700 mL de etanol a 96° y se someten a una extracción por reflujo a 60°C por 2 horas, se filtra y se repiten 2 extracciones más iguales a la primera. Los líquidos filtrados constituyen el extracto etanólico. El Marco se seca a la estufa a 60 °C y se muele. Este material es el que utilizamos para la separación del extracto acuoso.

C) separación del extracto acuoso

10 g de semillas de moringa secas, molidas y después de haberse separado su extracto etanólico se colocan en un Erlenmeyer de 250 mL y se ponen en contacto con 70 mL de agua destilada y se pone en digestión a 50°C por una hora con agitación constante. Se filtra el líquido filtrado constituye el extracto acuoso. El marco o residuo se seca en la estufa a 50°C hasta constancia de peso y seguidamente se muele. Este es el material que se utilizó para probar sus acciones sobre la dureza del agua potable.

D) Ensayos para el atrapamiento de la dureza del agua potable por la acción de semillas de Moringa secas molidas sometidas a la separación de sus extractos: etanólico y acuoso

Se ejecutaron ensayos preliminares para determinar la relación peso de muestra a ensayar 100 ml del agua en estudio. Y se eligió la proporción 50 g de semillas secas, molidas y tratadas para extraer el extracto etanólico y acuoso por cada 1,000 mL de agua a estudiar.

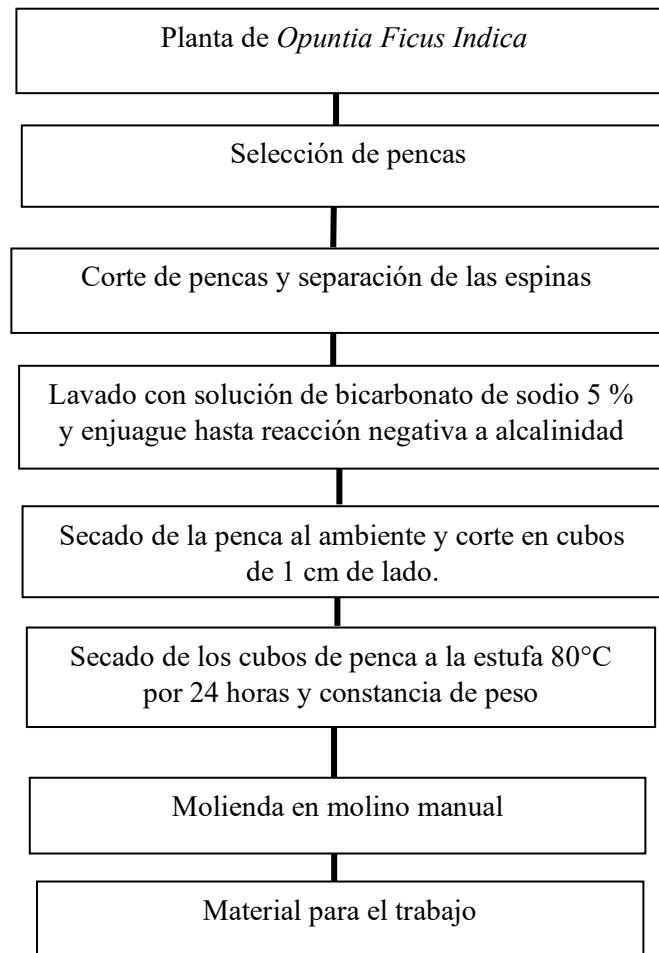
El proceso consistió en pesar 50 g de la muestra vegetal y colocar en un vaso de precipitados de un litro y enrasar hasta alcanzar 1 litro haciendo uso del agua a estudiar. Se agita por 5 minutos y se deja en reposo por 12 horas, transcurrido el tiempo se filtra. Obteniéndose el líquido filtrado y un marco que nuevamente se coloca en el vaso de litro y se repite la exposición muestra vegetal versus un litro del agua a estudiar se deja en reposo 24 horas se filtra y se obtiene una segunda porción de agua potable en estudio que estuvo en contacto con la muestra vegetal ensayada. Es decir, en la misma muestra vegetal estudiada 50 g se hacen actuar dos porciones de agua potable en estudio. Los ensayos organolépticos y físico químicos realizados a la primera y segunda agua de contacto con la muestra vegetal estudiada fueron los mismos que se realizaron al agua potable sin tratamiento alguno.

2.3.4.2. Tratamiento con pencas *Opuntia ficus Indica*

a) Obtención de pencas de *Opuntia ficus Indica* secas, molidas

Los procedimientos para obtener semillas de *Moringa oleífera* secas molidas y desengrasadas se detallan en el flujograma siguiente:

Figura 2. Procesos para obtener pencas de *Opuntia ficus Indica* secas y molidas.



b) Separación de extracto etanólico

100 g de material seco y molido de pencas de *Opuntia ficus Indica* se ponen en un matraz Erlenmeyer de 1,000 ml y se agregan 700 mL de etanol 96° y se someten a una extracción por reflujo a 60°C por 2 horas, se filtra y se repiten 2 extracciones más iguales a la primera. Los líquidos filtrados constituyen el extracto etanólico. El Marco se seca a la estufa a 60 °C y se muele. Este material es el que utilizamos para la separación del extracto acuoso.

C) separación del extracto acuoso

10 g de material de pencas de tunas secas y después de haberse separado su extracto etanólico se colocan en un Erlenmeyer de 250 mL y se ponen en contacto con 70 mL de agua destilada y se pone en digestión a 50°C por una hora con agitación constante. Se filtra, el líquido filtrado constituye el extracto acuoso. El marco o residuo se seca en la estufa a 50°C hasta constancia de peso y seguidamente se muele. Este es el material que se utilizó para probar sus acciones sobre la dureza del agua potable.

D) Ensayos para el atrapamiento de la dureza del agua potable por la acción de pencas de *Opuntia ficus Indica* secas molidas sometidas a la separación de sus extractos: etanólico y acuoso

Se ejecutaron ensayos preliminares para determinar la relación peso de muestra a ensayar 100 ml del agua en estudio. Y se eligió la proporción 30 g de semillas secas, molidas y tratadas para extraer el extracto etanólico y acuoso por cada 1,000 mL de agua a estudiar.

El proceso consistió en pesar 30 g de la muestra vegetal a estudiar y colocar en un vaso de precipitados de un litro y enrasar hasta alcanzar 1 litro haciendo uso del agua a estudiar. Se agita por 5 minutos y se deja en reposo por 12 horas, transcurrido el tiempo se filtra. Obteniéndose el líquido filtrado y un marco que nuevamente se coloca en el vaso de litro y se repite la exposición. Comparamos la muestra vegetal versus un litro del agua a estudiar, se deja en reposo 24 horas, se filtra y se obtiene una segunda porción de agua potable en estudio que estuvo en contacto con la muestra vegetal ensayada. Es decir, en la misma muestra vegetal estudiada 30 g se hacen actuar dos porciones de 1,000 mL cada una del agua potable en estudio. Los ensayos organolépticos y físico químicos realizados a la primera y segunda agua de contacto con la muestra vegetal estudiada fueron los mismos que se realizaron al agua potable sin tratamiento alguno.

2.3.4.3. Tratamiento con aluminio -silicatos ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

La composición química principal de la arcilla blanca es silicato de aluminio hidratado, con la fórmula química $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y está compuesta principalmente por óxidos de aluminio. Es de color blanco y es un indicador pureza y de calidad cuando exhibe una tonalidad roja indica contaminación con óxidos de hierro.

A) Obtención del aluminio silicato

La arcilla fue obtenida en el mercado local.

B) Activación del aluminio-silicato

En una capsula de porcelana de 7 cm de diámetro se colocan 30 g de arcilla blanca cuidando que el espesor de la capa de arcilla no supere los 2 cm de grosor luego se lleva a la mufla a 600°C por 1 hora. Se retira de la mufla y se guarda en el desecador. Desde aquí se coge la muestra para los ensayos de actividad frente a la dureza del agua potable.

C) Ensayos para el atrapamiento de la dureza del agua potable por la acción del aluminio- silicato

Se ejecutaron ensayos preliminares para determinar la relación peso de muestra a ensayar / 100 ml del agua en estudio. Y se eligió la proporción 50 g de aluminio - silicato por cada 1,000 mL de agua a estudiar. El proceso consistió en pesar 50 g de la arcilla blanca a estudiar y colocar en un vaso de precipitados de un litro y enrasar hasta alcanzar 1 litro haciendo uso del agua a estudiar. Se agita por 5 minutos y se deja en reposo por 12 horas, transcurrido el tiempo se filtra. Obteniéndose el líquido filtrado y un marco que nuevamente se coloca en el vaso de litro y se repite la exposición. Observamos la arcilla blanca versus un litro del agua a estudiar, se deja en reposo 24 horas se filtra y se obtiene una segunda porción de agua potable en estudio que estuvo en contacto con la arcilla blanca ensayada. Es decir, con la misma arcilla blanca estudiada 50 g se hacen actuar dos porciones de 1,000 mL cada una del agua potable en estudio. Los ensayos organolépticos y físico químicos realizados a la primera y segunda agua de contacto con la arcilla blanca estudiada fueron los mismos que se realizaron al agua potable sin tratamiento alguno.

III. RESULTADOS

Tabla 1. Resultados de las características organolépticas del agua de uso en el laboratorio Química Analítica sin tratamiento alguno.

Evaluado	Característica
Color	Cristalino
Olor	Sin olor característico, inodoro
Sabor	Agradable
Aspecto	Líquido, homogéneo, transparente,

Fuente: De la autora del trabajo

Tabla 2. Resultados de las determinaciones físico químicas del agua de consumo del laboratorio de química analítica sin tratamiento alguno.

Muestra	Determinación de:	Resultado
Agua de uso en el Laboratorio de química analítica sin tratamiento alguno	pH	8.20
	Sólidos solubles totales	1,422 mg/L
	Conductibilidad eléctrica	920
	Cloruros	158.66. ppm
	Sulfatos	172.00 ppm
	Dureza de Total	360.0 ppm CaCO ₃
	Dureza de calcio	302.5 ppm CaCO ₃
	Dureza de Magnesio	48.47 ppm MgCO ₃

Fuente: De la autora del trabajo

Comparados estos valores con los recomendados y/o por la legislación vigente para agua de uso potable podemos decir que todos los valores están dentro del rango permisible. Salvo la dureza que lo ideal es de 100-300 ppm de CaCO₃ y el agua estudiada tiene 360 ppm de CaCO₃.

Tabla 3. Valores típicos, límites recomendados y/o exigidos para el agua de uso doméstico en el Perú.

	Parámetro	Límite máximo
Parámetros de calidad de agua de uso doméstico. Límites máximos permisibles. (DS N°31-2010-SA-Perú) Reglamento de Calidad del agua para consumo Humano MINSA	pH (Unidades)	6.5 – 8.5
	Sólidos disueltos totales (TDS) (mg/L)	1,500
	Conductibilidad eléctrica (CE) (µS/cm)	TDS x 0.64 2,500
	Cloruros (Cl) (mg/L)	Menor o igual a 250
	Sulfatos (SO ₄ ²⁻) (mg/L)	Menor o igual a 250
	Dureza de Total Como CaCO ₃ (mg/L)	50 – 500 Ideal 100-300
	Dureza de calcio Como CaCO ₃ (mg/L)	60-200 (Ca 40 – 80 mg/L)
	Dureza de Magnesio Como MgCO ₃ (mg/L)	10-100 (mg 10 – 30 mg/L)

Fuente: DS N°031-2010-SA

Tabla 4. Resultados de las características organolépticas del agua de uso en el laboratorio Química Analítica después del tratamiento con semillas de *Moringa oleifera* secas, molidas y extraídos sus extractos etanólico y acuoso.

Evaluado	Característica
Color	Cristalino
Olor	Sin olor característico, inodoro
Sabor	Ligeramente amargo
Aspecto	Líquido, homogéneo, transparente,

Fuente: De la autora del trabajo

Se puede apreciar que el sabor agradable del agua sin tratamiento se altera haciéndose desagradable, las otras características organolépticas no se alteran.

Tabla 5. Resultados de las determinaciones físico químicas del agua de consumo del laboratorio de química analítica tratada con semillas de *Moringa oleifera*.

Muestra	Determinación de:	Resultado
Agua de uso en el Laboratorio de química analítica tratada con polvo de semilla de <i>Moringa oleifera</i> seca,	pH	8.07
	Sólidos solubles totales	1,342 ppm
	Conductibilidad eléctrica	863
	Cloruros	134.28
	Sulfatos	146.00

molida y separados los extracto etanólico y acuoso.	Dureza de Total	242.5 ppm CaCO ₃
	Dureza de calcio	205.0 ppm CaCO ₃
	Dureza de Magnesio	31.61ppm MgCO ₃

Fuente: de la autora del trabajo

Tabla 6. Resultados de las características organolépticas del agua de uso en el laboratorio Química Analítica después del tratamiento pencas de *Opuntia ficus Indica* (tuna) y extraídos sus extractos etanólico y acuoso.

Evaluado	Característica
Color	Verde tenue
Olor	Sin olor característico, inodoro
Sabor	Inespecífico Desagradable
Aspecto	Líquido, homogéneo, translucido

Fuente: La autora del trabajo

Se puede observar que el agua que recibe este tratamiento pierde su color haciéndose de un color verde tenue y de sabor desagradable. De aspecto translucido sin presentar partículas suspendidas.

Tabla 7. Resultados de las determinaciones físico químicas del agua de consumo del laboratorio de química analítica tratada con pencas de *Opuntia ficus Indica*(tuna) y extraídos sus extractos etanólico y acuoso.

Muestra	Determinación de:	Resultado
	pH	6.81
	Solidos solubles totales	4,020
	Conductibilidad eléctrica	3,170

Agua de uso en el Laboratorio de química analítica tratada con polvo penca de Opuntia ficus Indica seca, molida y separados los extracto etanólico y acuoso.		
	Cloruros	162.8
	Sulfatos	139.2
	Dureza de Total	NSPD
	Dureza de calcio	NSPD
	Dureza de Magnesio	NSPD

Fuente: de la autora del trabajo

Se puede apreciar que la dureza total, dureza de calcio y dureza de magnesio no se pudieron determinar debido a que el tenue pero persistente color verde del agua tratada, reaccionan con los indicadores Eriocromo negro T y Murexida imposibilitando la apreciación del punto final de la titulación. Los sólidos disueltos totales se incrementan tremendamente de los 1,500 ppm recomendados se eleva a 4,020 ppm. Los otros parámetros permanecen dentro de los valores recomendados por la norma.

Tabla 8. Resultados de las características organolépticas del agua de uso en el laboratorio Química Analítica después del tratamiento con polvo de aluminio silicatos.

Evaluado	Característica
Color	Incoloro
Olor	Sin olor característico, inodoro
Sabor	agradable
Aspecto	Líquido, homogéneo, translucido

B). De las características físico químicas

Los resultados se presentan en la tabla siguiente:

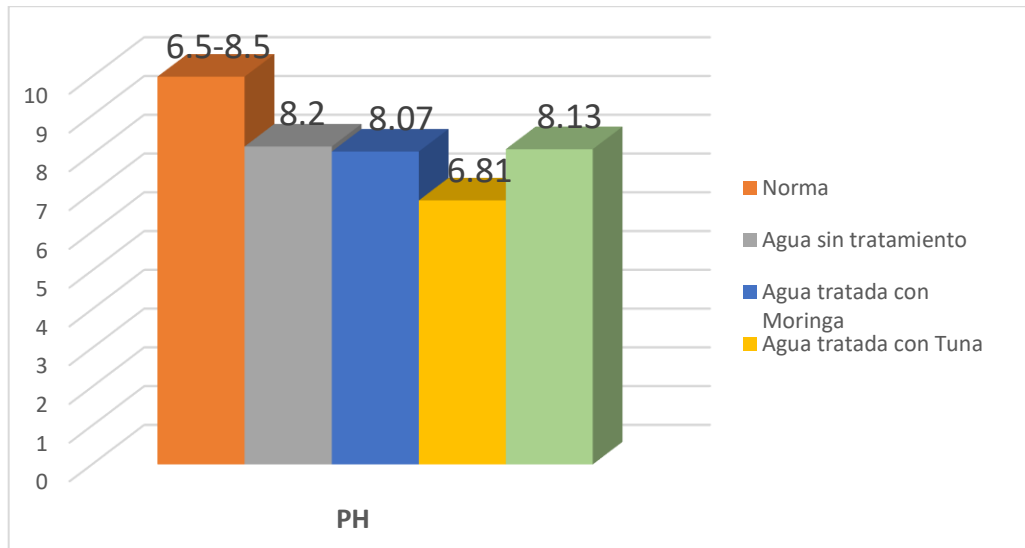
Tabla 9. Resultados de las determinaciones físico químicas del agua de consumo del laboratorio de química analítica tratada con polvo de aluminio-silicatos activado.

Muestra	Determinación de:	Resultado
Agua de uso en el Laboratorio de química analítica tratada con polvo de semilla seca, molida y separados los extracto etanólico y acuoso.	pH	8.13
	Sólidos solubles totales	1,380
	Conductibilidad eléctrica	901
	Cloruros	124.2
	Sulfatos	166
	Dureza de Total	258 ppm CaCO ₃
	Dureza de calcio	226.5 ppm CaCO ₃
	Dureza de Magnesio	26.55 ppm MgCO ₃

Fuente: de la autora del trabajo

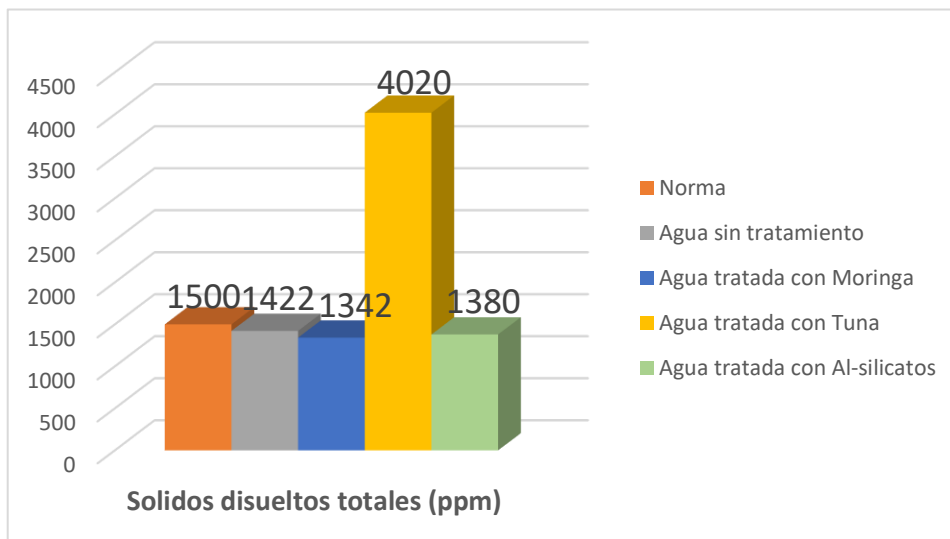
De esta parte del trabajo se observa que la dureza del agua de 360 ppm de CaCO₃ en el agua sin tratamiento se reduce a 258 ppm para la misma agua después del tratamiento con polvo de aluminio – silicatos y el contenido de cloruros se reduce de 158.66 ppm se reduce a 124.2 ppm.

Figura 3. Gráfico de barras que presenta los valores de pH recomendados por el DS N°031-2010-SA en contraste con los valores de pH determinados para el agua sin tratamiento y con los tratamientos aplicados.



Fuente: de la autora del trabajo.

Figura 4. Gráfico de barras que presenta los valores de solidos disueltos recomendados por el DS N°031-2010-SA en contraste con los valores de solidos disueltos totales determinados para el agua sin tratamiento y con los tratamientos aplicados.



Fuente: De la autora del trabajo

Figura 5. Gráfico de barras que presenta los valores de conductividad eléctrica recomendados por el DS N°031-2010-SA en contraste con los valores de conductividad eléctrica determinados para el agua sin tratamiento y con los tratamientos aplicados.

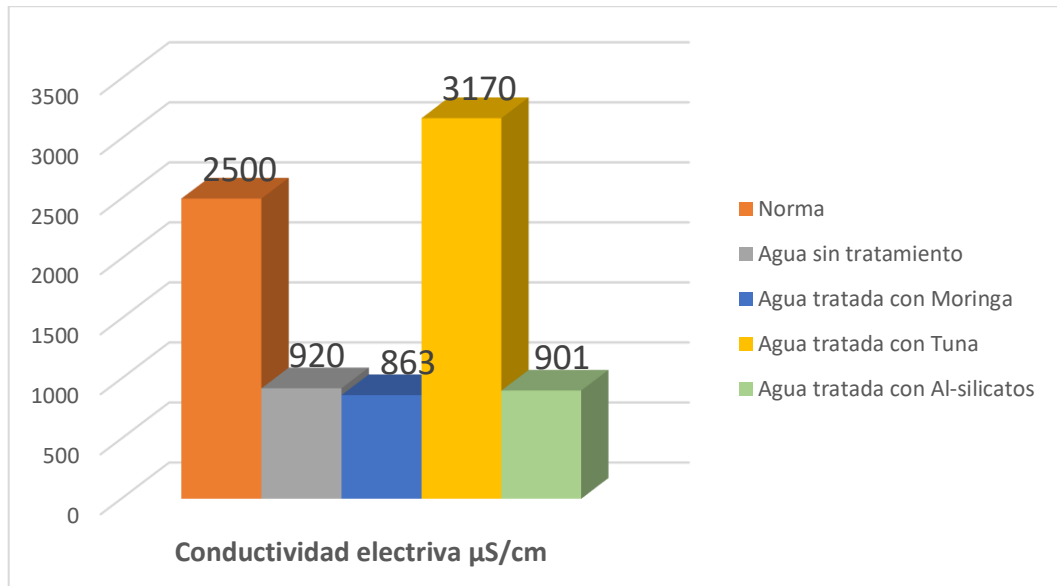


Figura 6. Gráfico de barras que presenta los valores de cloruros recomendados por el DS N°031-2010-SA en contraste con los valores de cloruros determinados para el agua sin tratamiento y con los tratamientos aplicados.

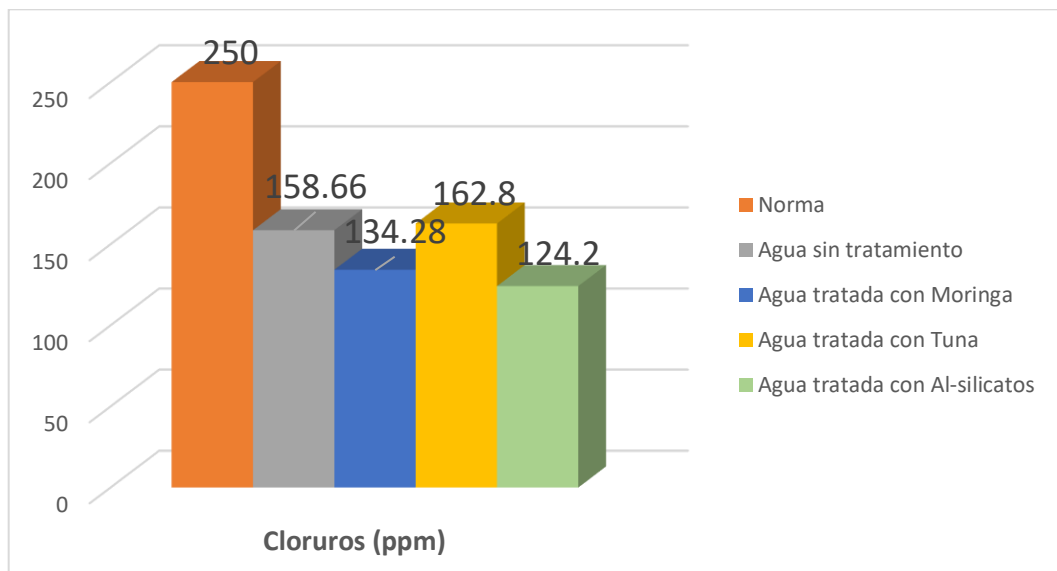


Figura 7. Gráfico de barras que presenta los valores de sulfatos recomendados por el DS N°031-2010-SA en contraste con los valores de sulfatos determinados para el agua sin tratamiento y con los tratamientos aplicados.

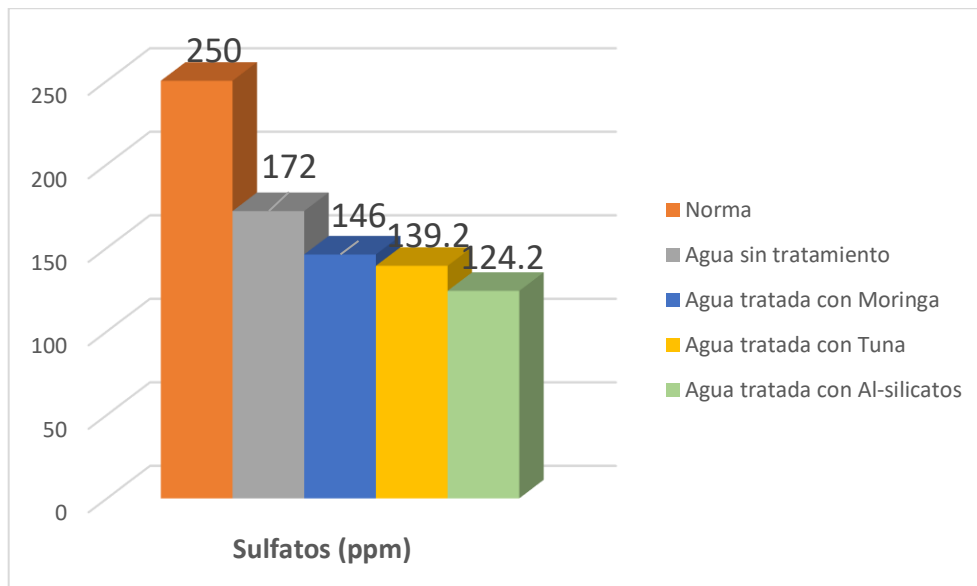
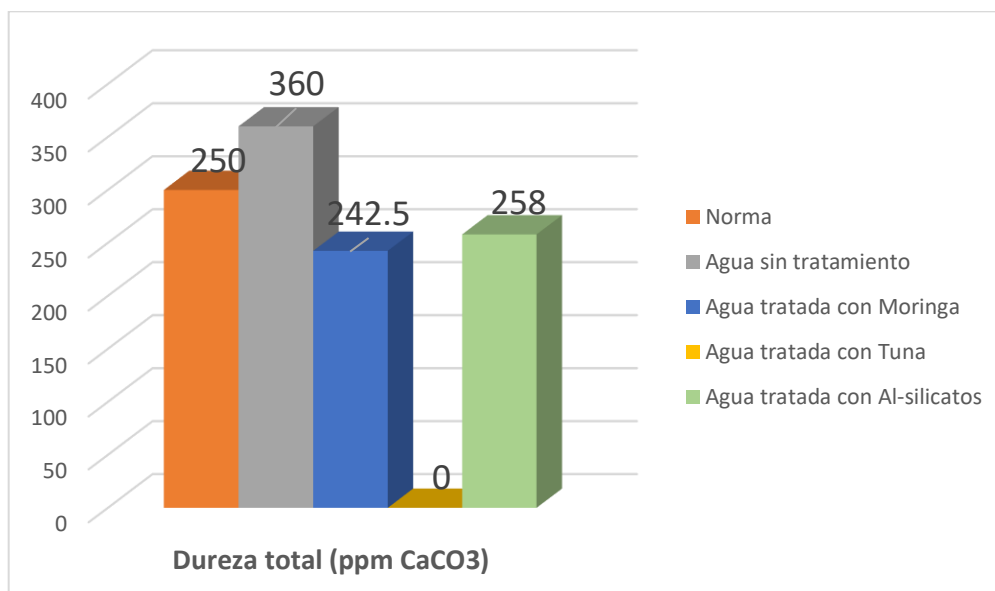


Figura 8. Gráfico de barras que presenta los valores de dureza total del agua recomendados por el DS N°031-2010-SA en contraste con los valores de dureza total determinados para el agua sin tratamiento y con los tratamientos aplicados.



Fuente: De la autora del trabajo.

IV. DISCUSIÓN

El agua como consecuencia de su estructura molecular tiene la propiedad de presentarse como una molécula o conglomerado moléculas de naturaleza dipolar con dos zonas bien definidas una de carácter negativo y la otra de carácter positivo esta virtud le confiere la propiedad de disolver con facilidad compuestos iónicos, compuestos polares y solubilizar otros de carácter lipídico. El agua potable es aquella que se puede ingerir, abastece a los seres humanos y satisface sus necesidades y entre sus componentes disueltos no debe haber especie química que produzcan disfunciones al organismo. Esta exigencia de calidad del agua es regulada con carácter de Ley por las autoridades sanitarias respectivas (23), en nuestro país el Ministerio de Salud a través de la Comisión de Saneamiento Ambiental ha emitido el DS N°31-2010-SA-Perú que fija parámetros de calidad de agua de uso doméstico estableciendo los límites máximos permisibles de los componentes disueltos en el agua. Como en diferentes partes del mundo los componentes básicos para el control de calidad del agua potable en el Perú son: pH, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica, cloruros, sulfatos y dureza. En este trabajo he evaluado estos parámetros en el agua de uso doméstico que se utiliza en el Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Y he determinado que cumple con los estándares de calidad exigidos, sin embargo, para el indicador de calidad: dureza total del agua, la norma acepta o permite hasta 500 ppm para aguas de uso doméstico y se les denomina aguas duras. En mi trabajo he hallado que el agua estudiada sin tratamiento alguno tiene 360 ppm de CaCO₃ valor permitido por la norma, pero algo por encima del valor ideal que la norma recomienda de 100 – 300 ppm de CaCO₃ catalogándose como agua semidura.

La dureza del agua, principalmente, es responsabilidad de los bicarbonatos de calcio y magnesio disueltos en el agua y cuando estas aguas se hierven, los bicarbonatos se descomponen transformándose en los carbonatos respectivos que son insolubles en agua y se depositan en la superficie del recipiente en el que se desarrolló el proceso de hervido del agua. En la actualidad, como lo señala la investigación de Quintana A. (8) se recurre al tratamiento de aguas duras al hacerlas pasar por resinas intercambiándolas de iones, donde los iones de calcio y magnesio se fijan disminuyendo su concentración en el agua y se reporta hasta una reducción hasta del 39 % de la dureza del agua por este método. Sin embargo, los intentos por reducir la dureza del agua siguen siendo una importante meta de muchos investigadores. En mi trabajo usé las semillas sin cutícula de *Moringa oleífera*, estas se secan, se muelen, se le extrae el extracto etanólico con etanol 96° y seguidamente el extracto acuoso con agua destilada como solvente.

Este material se secó y se utilizó para los ensayos de disminuir la dureza del agua disminuyendo en 32.63 la dureza del agua, pero le impregna un sabor desagradable al agua, lo cual limitaría su uso como agua de uso doméstico pero podría usarse para reducir la dureza del agua que se emplearía únicamente para obtener agua destilada ya que al ser hervida y condensada nos

permitiría obtener agua destilada con formación de sarro o caliche inferior a la que produciría el agua sin tratamiento, alargando el periodo de vida y la eficiencia del destilador. Estos resultados con respecto a la dureza son concordantes con lo reportado por Capcha J, Cabrera J. (9) quien refiere que el extracto acuoso de las semillas sin cutícula de *Moringa oleífera* es capaz de reducir la dureza del agua de uso doméstico de 209.7 ppm de CaCO₃ a 157.14 ppm de CaCO₃. Otro material que ensayé fue el polvo aluminio silicatos que para el agua que estudié, reduce la dureza total de 360 ppm de CaCO₃ a 258.0 ppm de CaCO₃ es decir reduce un 28.33 % la dureza total algo menos que en tratamiento con la *Moringa Oleífera*, pero tiene la ventaja de no modificar las características organolépticas del agua estudiada. En mi trabajo he demostrado que el polvo de aluminio silicatos es capaz de reducir la dureza total del agua de 360 ppm de CaCO₃ a 258 ppm de CaCO₃ lo cual representa 28.33 % de reducción; Prato J (6) Investigó los efectos de las rocas naturales con tratamiento químico alcalino de los volcanes Tungurahua y Reventador sobre la adsorción de la dureza del agua. Y reporta que la retención de la dureza del agua depende de los óxidos anfóteros de hierro, aluminio y titanio alcanzando valores de reducción de 65 % con rocas del volcán Tungurahua y 41.6 % con rocas del volcán. Prato J. Milán F, Ríos A (4) investigó la reducción de la dureza del agua por acción de materiales de Fe, Si y Al, reportando reducciones de 12.51 % y 11.02 % de ppm de CaCO₃.

Según la bibliografía consultada de la investigación que realizó Granizo C. evaluó la efectividad de aluminio silicatos para reducir la dureza del agua de la localidad de Cacha. Del mineral eliminó carbonatos y materia orgánica y obtuvo partículas de malla 150 y 200 μm respectivamente. Determinó la dureza total del agua sin tratamiento en 522.4 ppm de CaCO₃ y ensayó la actividad de las partículas de 150 μm 5 g/100 mL de agua sin tratamiento y reporta una reducción de la dureza de 45.89% (3). Los resultados del tratamiento de aguas semiduras desarrollado en mi trabajo además de reducir en 28.33 % la dureza del agua se mantiene las características organolépticas del agua sin tratamiento convirtiéndose en una alternativa de uso para reducir aguas aún más duras y aminorar las desventajas del al uso de aguas duras.

V. CONCLUSIONES

-El agua que se consume en el laboratorio de Química Analítica de la facultad de Farmacia y Bioquímica presenta características organolépticas y físico químicas que cumple con las características recomendadas por la autoridad de salud de nuestro país y que están registradas en el DS N° 34-2010, Excepto que su contenido de dureza total determinada es 360 ppm expresada como CaCO_3 y la norma señala que es ideal entre 100 – 300 ppm. Por lo que es un agua moderadamente dura.

-El tratamiento con polvo de semilla de *Moringa oleífera* que fue secada y sometido a la extracción de sus extractos: etanólico y acuoso, reduce la dureza total de 360 ppm para el agua sin tratamiento a 242.5 para el agua después de ser tratada. Sin embargo, el agua así tratada tiene un sabor desagradable con respecto al agua sin tratamiento.

-El tratamiento con polvo de penca de tuna que fue secada y sometido a la extracción de sus extractos: etanólico y acuoso, no tiene efecto beneficioso alguno sobre el tratamiento del agua potable.

-El tratamiento con polvo de aluminio silicatos activado reduce la dureza total de 360 ppm de CaCO_3 para el agua sin tratamiento a 258 ppm de CaCO_3 para el agua después de ser tratada, los cloruros de 158.66 ppm sin tratamiento a 124.2 ppm de cloruros para el agua así tratada y tiene un sabor agradable similar al agua sin tratamiento.

VI. RECOMENDACIONES

- Elaborar un programa anual para el monitoreo de la calidad del agua que se consume en la ciudad universitaria.
- Seguir estudiando la actividad del polvo de semillas de *Moringa oleífera* sobre la reducción de la dureza del agua de uso doméstico que se utiliza para la obtención de agua destilada.
- Difundir que el uso de la penca de tuna no tiene efectos beneficiosos para el tratamiento del agua potable.
- Seguir estudiando la actividad del polvo de aluminio silicatos activado, pues además de reducir la dureza del agua también reduce el contenido del agua tratada y no pierde las características organolépticas del agua sin tratamiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Control de calidad en aguas para consumo humano. [Internet]. [citado el 07 de diciembre de 2025]. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000300003
2. Laboratoriosomega.es. ¿Qué es el pH del agua potable? ¿Por qué es importante? [citado el 15 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://www.laboratoriosomega.es/ph-del-agua/>
3. Granizo C. Reducción de la dureza del agua del Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la FCPEPOCH mediante adsorción con mineral aluminio -silicato de la localidad de Cacha. Proyecto de Investigación Presentado para optar al grado académico de Ingeniera Química. Escuela superior politécnica de Chimborazo facultad de ciencias carrera Ingeniería Química.2023. [Internet]. [citado el 15 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/0f08b99b-55a8-4569-b73e-48573d27ba2d/content>
4. Prato J, Milán F, Ríos A y col. Uso de materiales litológicos oxídicos para la reducción de la dureza en aguas naturales. Inf. tecnol. vol.33 no.2 La Serena abr. 2022[Internet]. [citado el el 18 de diciembre de 2025]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642022000200145&lng=es&nrm=iso
5. Pérez B, Aluminosilicatos activados para la remoción de la dureza del agua de la comunidad de Totorilla – Ayacucho. Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniero Ambiental. Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Universidad Cesar Vallejos.2022. [Internet]. [citado el 18 de diciembre de 2025]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_54c2a8273a677adb744b2bc37b0b9ad4
6. Prato J, Gonzales L, Pérez M y Col. Adsorción de la dureza del agua sobre lechos de rocas volcánicas de Ecuador. Inf. tecnol. vol.32 no.2 La Serena abr. 2021. . [Internet]. [citado el 19 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://igepn.edu.ec/tungurahua-camaras/tag/reventador>
7. Barreño E, Córdova M, Calderón M y col. Jacinto de agua (Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms) y lenteja de agua (Lemna Spp.) para reducir la dureza del agua de riego Conciencia Digital, 3(1.1), 133-146. (2,020). [Internet]. [citado el 19 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://www.fao.org/4/w2598s/w2598s03.htm#:~:text=Efectos%20ecol%C3%B3gicos%20y%20en%20la,Destrucci%C3%B3n%20de%20pesquer%C3%ADas%20comerciales.>
8. Quintana A. Desarrollo de un sistema de filtración para la remoción de dureza del agua en la empresa Cosmogreen S.A.S Cúcuta- norte de Santander. Trabajo presentado para optar el título de ingeniero químico. Universidad de Pamplona Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química. Pamplona, Colombia 2019. [Internet]. [citado el 19 de diciembre de 2025]. Disponible en:

<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/275828de-ebf9-4bf4-bb6b-9bf18f0d2ec6>

9. Capcha J, Cabrera J. Caracterización de extractos de semillas de moringa oleífera y su eficacia para disminuir la dureza del agua potable Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional San Luis Gonzaga.2018. [Internet]. [citado el 21 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0b7d5668-86f2-49a8-a655-d8026fe68410/content#:~:text=manera%20nos%20ayud%C3%B3%20a%20desarrollar%20y%20concluir,un%20cultivo%20que%20debe%20de%20seguirse%20investigando>
10. Morillo H. Determinación de la dureza de 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 título profesional de Químico Farmacéutico. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional de Trujillo. [Internet]. [citado el 25 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/items/2357f3d9-6f46-45ad-bfb7-44f6c829fe8f>
11. Ramírez H, Jaramillo J. Agentes Naturales como Alternativa para el Tratamiento del Agua. Revista Facultad de Ciencias. Vol 11, Núm 2(2,015). [Internet]. [citado el 25 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/jhon-trejo-rojas/agua-es-todos-situacion-peru#:~:text=Situaci%C3%B3n%20en%20el%20Per%C3%BA,-JHON%20TREJO%20ROJAS&text=En%20el%20mundo%2C%20cerca%20de,con%20acceso%20al%20agua%20potable>.
12. Donayre P, Acosta J. Determinación de la dureza total del agua y tiempo óptimo de ebullición para su máximo ablandamiento. Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional San Luis Gonzaga.2014. [Internet]. [citado el 25 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unica.edu.pe/items/85440cce-40cb-4b53-970b-97fa03bb0ee1>
13. Hernández. Metodología de la investigación.6ª edición 2,014. Editorial Mc Graw- Hill
14. ¿Qué es el pH del agua? Disponible en: <https://purewater.com.co/que-es-el-ph-del-agua/> [Internet]. [citado el el 25 de diciembre de 2025]. Disponible en : <https://www.laboratoriosomega.es/ph-del-agua/>
15. Sólidos totales y disueltos (TSS y TDS) - Parámetros de calidad del agua [Internet]. [citado el 25 de diciembre de 2025]. Disponible en : [https://es.hach.com/parameters/solids#:~:text=Los%20sólidos%20totales%20disueltos%20\(TDS\)%20comprenden%20las%20sales%20inorgánicas%20\(,se%20disuelven%20en%20el%20agua](https://es.hach.com/parameters/solids#:~:text=Los%20sólidos%20totales%20disueltos%20(TDS)%20comprenden%20las%20sales%20inorgánicas%20(,se%20disuelven%20en%20el%20agua)
16. Procedimiento para la Medición de Sólidos Totales. Universidad Tecnológica de Panamá Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidro técnicas Laboratorio de Sistemas Ambientales. [Internet]. [citado el 27 de diciembre de 2025]. Disponible en: Chrome extension://efaidnbmnnnibpcajpegclefindmkaj/https://utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/P

CUTP-CIHH-LSA

17. Solís-Castro Y, Zúñiga-Zúñiga LA, Mora-Alvarado D. La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. Rev Tecnol Marcha [Internet]. [citado el 27 de diciembre de 2025]. Disponible en: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3495
18. Determinación de cloruro. [Internet]. [citado el 27 de diciembre de 2025]. Disponible en: https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/determinacion_de_cloruro.asp
19. ¿Qué nos dice el cloruro sobre la calidad del agua de consumo? [Internet]. [citado el 27 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://higieneambiental.com/calidad-del-agua-de-consumo-cloruro>.
20. Determinación de sulfatos [Internet]. [citado el 03 de enero de 2026]. Disponible en: https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/determinacion_de_sulfatos.asp
21. Preguntas y respuestas sobre los sulfatos en el agua de consumo humano. [Internet]. [citado el 03 de enero de 2026]. Disponible en: <https://www.caib.es/sites/salutambiental/es/sulfats-26202/>
22. Rodríguez S, Rodríguez R. La dureza del agua. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. Argentina. 2010. [Internet]. [citado el 03 de enero de 2026]. Disponible en: [extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf](https://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf).
23. MINSA. Reglamento de calidad del Agua Para Consumo Humano. [Internet]. [citado el 03 de enero de 2026]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>

Ica, Diciembre del 2025

Bach. Dayeli Rocio Sayritupac Gonzales

Tesista

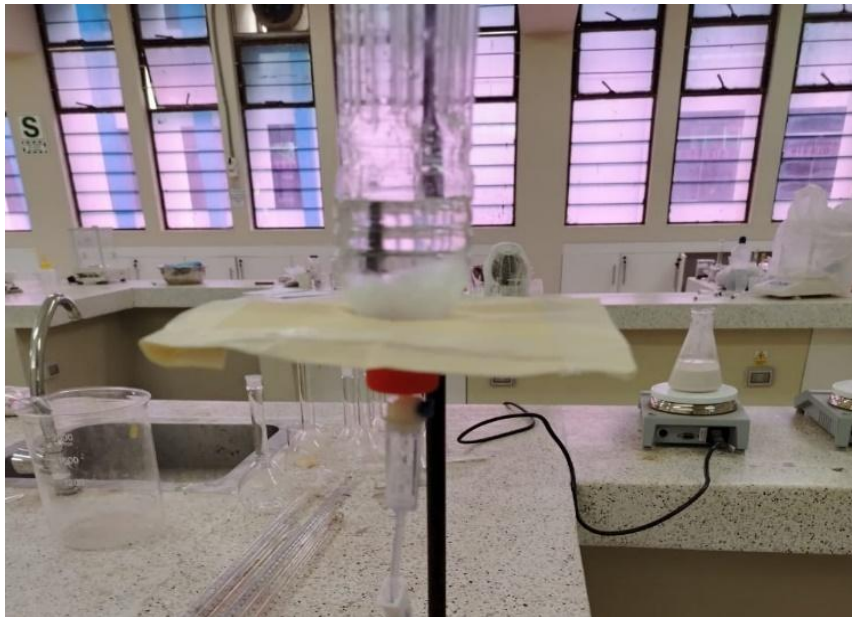
VIII. ANEXOS



Retirando la cutícula de la semilla
de *Moringa oleífera*



Semillas de *Moringa oleifera* secas y molidas



Separación del extracto acuoso de *Moringa Oleífera*



Semillas de *Moringa oleifera*



Semillas de Moringa retiradas de la estufa



Secado de las semillas de *Moringa oleifera*



Obtención del kernel de la semilla de *Moringa oleifera*



Planta de *Opuntia ficus Indica*



Lavando las pencas de Tuna



Pencas de tuna trozadas en la estufa para su secado



Pencas trozadas retiradas de la estufa



Pesando las pencas secas para el tratamiento del agua



Ensayos preliminares del tratamiento del agua con
polvo de aluminio-silicatos



Preparando la determinación de la dureza del agua



Determinación de la dureza de calcio



Dureza de calcio



Dureza de calcio y magnesio



Determinación de la dureza total



Determinando la conductibilidad eléctrica



Pesando el aluminio-silicatos



Precipitando los sulfatos



Retirando los crisoles con el sulfato de bario

CONSTANCIA

El jefe del Laboratorio de Química Analítica del Departamento Académico de Ciencias Químicas de la Facultad de Farmacia y Bioquímica; Mag. Unfredo Pabel Apumayta Vega que suscribe deja **Constancia que:**

La ex alumna Bachiller Dayeli Rocío Sayritupac Gonzales quien tramita la aprobación de su plan de tesis titulado: **Procesos para el ablandamiento del agua dura tratada con residuos de *Moringa oleífera*, *Opuntia ficus Indica* y aluminio – silicatos**; podrá realizar la parte experimental del mencionado proyecto en las instalaciones del Laboratorio de Química Analítica donde recibirá las atenciones pertinentes en concordancia con la disponibilidad de tiempo, materiales, equipos y demás que posee el referido laboratorio.

Se expide el presente documento a petición del interesado, a los diez días del mes de febrero del año dos mil veinticinco



Mag. Unfredo Pabel Apumayta Vega

CERTIFICACIÓN BOTÁNICA

**“AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA
INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS
BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO”**

El Biólogo. Que, suscribe ha determinado que, la muestra biológica presentada por el Bachiller en Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” **SAYRITUPAC GONZALES DAYELI ROCÍO**, con DNI N°70129964, para su clasificación taxonómica, la cual pertenece al nombre científico de *Opuntia ficus-indica* (L) MILL “tuna blanca” según Sistema de Clasificación de Arthur Cronquist, (1988).

REINO: PLANTAE

DIVISIÓN: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

ORDEN: CARYOPHYLLALES

FAMILIA: CACTACEAE

SUB FAMILIA: OPUNTIOIDEAE

GÉNERO: Opuntia

ESPECIE: *Opuntia ficus-indica* (L.) MILL

N.V. “tuna blanca”

Se emite la presente certificación a solicitud del interesado para fines de estudio.

Ica, 13 de diciembre 2024



Dr. Miriam Rocío Dayeli Rocío
BIOLOGO
CBP. 3481

CERTIFICACIÓN BOTÁNICA

“AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA
INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS
BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO”

El Biólogo. Que, suscribe ha determinado que, la muestra biológica presentada por el Bachiller en Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” SAYRITUPAC GONZALES DAYELI ROCÍO, con DNI N°70129964, para su clasificación taxonómica, la cual pertenece al nombre científico de *Moringa oleifera* LAM “moringa” según Sistema de Clasificación de Arthur Cronquist, (1988). **REINO: PLANTAE**

DIVISIÓN: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

SUB CLASE: ROSIDAE

ORDEN: BRASSICALES

FAMILIA: MORINGACEAE

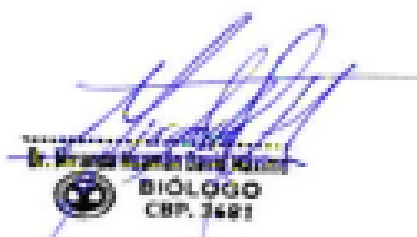
GÉNERO: Moringa

ESPECIE: *Moringa oleifera* LAM

N.V. “moringa”

Se emite la presente certificación a solicitud del interesado para fines de estudio.

Ica, 13 de diciembre 2024


Dr. Miriam Eugenia Sosa Salazar
BIÓLOGO
CBP. 3681