

**Validación de la efectividad de la semilla de
Moringa oleifera como coagulante natural del
agua, destinada al consumo humano,
Morocelí, Honduras**

Eliana Núñez Ponce

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2007

ZAMORANO
Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente

**Validación de la efectividad de la semilla de
Moringa oleifera como coagulante natural
del agua, destinada al consumo humano,
Morocelí, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título
de Ingeniera en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente con el Grado
Académico de Licenciatura.

Presentado por:

Eliana Núñez Ponce

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2007

La autora concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reserva el derecho de autor.

Eliana Núñez Ponce

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2007

**Validación de la efectividad de la semilla de *Moringa oleifera* como
coagulante natural del agua, destinada al consumo humano, Morocelí,
Honduras**

Presentado por:

Eliana Núñez Ponce

Aprobado por:

Erika Alejandra Tenorio, M.Sc.
Asesora Principal

Mayra Falck, M.Sc.
Directora de la Carrera de
Desarrollo Socioeconómico y
Ambiente

Nelson Agudelo, M.Sc.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A mi familia celestial, por darme la bendición de la vida y la dicha de conocer en ella a tantas personas que son guías en mi camino y me ayudan a crecer.

Para mi querida madre Rosario y para mi tía Graciela quienes desde niña me enseñaron a mirar siempre hacia delante y tomar mis propias decisiones aunque no siempre fueran las correctas, y levantarme de mis caídas con la frente en alto. A ellas, que han sido mi sostén a la distancia y ejemplo de lucha, entrega, perseverancia y sacrificio.

A mis compañeras, hermanas y amigas: Sara, Alejandra y Linda por haber compartido mis alegrías y tristezas en estos cuatro años y hacerme ver que el brillo del sol lo definen nuestros ojos.

A Santiago Rosero, quien me enseñó que se puede soñar y a luchar por alcanzar esos sueños, por todos sus consejos, su amistad incondicional y su amor.

AGRADECIMIENTOS

Al Señor Jesús y nuestra Santa Madre la Virgen María, por ser los pilares fundamentales de mi vida, por haberme dado sabiduría, constancia y paciencia y por no abandonarme jamás.

Agradezco a toda mi familia, por estar cerca a pesar de la distancia, por confiar siempre en mí y ayudarme a caminar.

Un agradecimiento muy especial a la Ing. Erika Tenorio, mi asesora, por toda la confianza que depositó en mí, por su amistad, por su apoyo, y disposición incondicional en todo el desarrollo del proyecto.

Al Ing Nelson Agudelo y al Sr. Jorge Araque, por brindarme sus sabios consejos e impulsarme en el trabajo.

A mis grandes amigas Marisol Pérez y Cindy Irueta, quienes me compartieron sus conocimientos y experiencias y estuvieron conmigo aún en la distancia.

Al Ing. Wilmer Sierra por su incondicional apoyo y amistad, mil gracias por toda la confianza que depositó en mí, gracias por ayudarme a crecer.

A la familia Bonilla Anariba, por haberme brindado su confianza, su amistad y por recibirme como un miembro más en su hogar.

A todos los miembros de la carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, por su amistad y los buenos momentos vividos.

A los miembros del la UMA en el municipio de Morocelí, quienes con su trabajo me ayudaron a completar esta investigación.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Agradezco profundamente a la Fundación Nipón por el financiamiento de mis estudios en estos cuatro años. Gracias por esta oportunidad que me hizo crecer como persona y se convirtió en la base de mi vida profesional.

RESUMEN

Núñez, Eliana. 2007. Validación de la efectividad de la semilla de *Moringa oleifera* como coagulante natural del agua, destinada al consumo humano, Morocelí, Honduras. Proyecto especial de graduación del Programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Zamorano, Honduras. 49p.

La degradación de las cuencas por fenómenos naturales y antropogénicos ha llevado a Honduras a un estado de alerta en la calidad de sus fuentes de agua en zonas donde procesos progresivos de deterioro elevan los niveles de turbidez especialmente en época de lluvias, acarreando diferentes contaminantes y poniendo en riesgo la salud de sus habitantes. Honduras necesita aplicar métodos de tratamiento y desinfección eficientes, baratos y de fácil aplicación. Esta investigación atiende la necesidad de validar un método alternativo de bajo costo que pueda contribuir a mejorar la calidad de agua para consumo en comunidades rurales. A través de análisis de calidad de agua se evaluaron las propiedades coagulantes de las proteínas contenidas en la semilla de *Moringa oleifera*; una planta nativa del sur de Asia, de rápido crecimiento cuyas proteínas han sido utilizadas en las últimas décadas para reducir la turbidez del agua en Asia y África. El estudio se realizó con muestras de agua del río Neteapa el cual abastece el casco urbano del municipio de Morocelí y con semillas de *Moringa oleifera* provenientes de la zona sur de Honduras. Se realizaron ensayos con cuatro dosis de la semilla de *Moringa oleifera* en tres rangos de turbidez entre 0 – 500 UNT obteniendo una eficiencia de reducción de hasta el 98%. Se comprobó que con este método se puede tratar agua con turbidez inicial en el rango de 5 a 500 UNT mediante la aplicación de 0.15 a 0.50 gramos por cada litro de agua, (dependiendo de la turbidez inicial) lo que equivale a 2 ó 3 semillas. Adicionalmente, se realizaron pruebas con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, en los mismos rangos de turbidez, obteniendo una eficiencia del 96 % con una relación de 70/30, utilizando la *Moringa oleifera* como coagulante principal y el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ siendo el auxiliar. Con base en los ensayos realizados se concluye que la semilla *Moringa oleifera* producida en el sur de Honduras puede ser utilizada en el agua destinada a consumo de hogares de áreas rurales en zonas que presenten problemas de turbidez, ya que su aplicación es eficiente, sencilla y de muy bajo costo.

Palabras claves: calidad de agua, coagulante, *Moringa oleifera*, UNT (unidades nefelométricas), turbidez.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimiento a patrocinadores.....	vi
Resumen	vii
Contenido	viii
Índice de figuras	x
Índice de cuadros.....	xi
Índice de anexos	xii
Abreviaturas y símbolos	xiii
 1 INTRODUCCIÓN	 1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.1.1 Limitantes	3
1.1.2 Alcances.....	3
1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	3
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Objetivos Específicos	4
 2 REVISIÓN DE LITERATURA	 5
2.1 ACCESO AL AGUA POTABLE EN HONDURAS	5
2.1.1 Acceso al agua potable en el municipio de Morocelí.....	5
2.2 CALIDAD DEL AGUA POTABLE.....	6
2.2.1 Turbidez.....	6
2.3 MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE AGUA EN HONDURAS	7
2.3.1 Filtros.....	7
2.3.2 Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	7
2.4 <i>Moringa oleifera</i> PARA EL TRATAMIENTOS DE AGUAS	7
2.4.1 Información general sobre la semilla de <i>Moringa oleifera</i>	8
2.4.2 Porque se debe obresalientes de la semilla de <i>Moringa oleifera</i>	9
2.4.3 Utilización de la semilla de <i>Moringa oleifera</i> en tratamientos de aguas.....	9
2.4.4 Distribución de la semilla <i>Moringa oleifera</i> en Honduras	10

3	MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	11
3.2	METODOLOGÍA.....	11
3.2.1	Monitoreo periódico de turbidez	11
3.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	12
3.3.1	Método de extracción del polvo de la semilla <i>Moringa oleífera</i>	12
3.3.2	Dosificación.....	12
3.3.3	Determinación de la dosis de la <i>Moringa oleífera</i> en el tratamiento de aguas	13
3.3.4	Determinación de las dosis del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	13
3.3.5	Combinación del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y la semilla <i>Moringa oleífera</i> para tratamientos de aguas.	14
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
4.1	TURBIDEZ EN EL RÍO NETEAPA	16
4.2	PARÁMETROS MEDIDOS	17
4.2.1	Rendimiento de la semilla como coagulante natural	17
4.2.2	Rendimiento del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como coagulante del agua.....	20
4.2.3	Combinación del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y la semilla <i>Moringa oleífera</i> para tratamientos de aguas.	21
5	CONCLUSIONES	23
6	RECOMENDACIONES	25
7	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	27
8	ANEXOS	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1.	Semilla de <i>Moringa oleifera</i> . Izq. Paquete de 1 Kg de semillas distribuidas por SETRO. Der. Primer plano de la semilla.	8
2.	Muestras de agua manipuladas con arcilla en distintos rangos de turbidez	13
3.	Turbidez registrada en el río Neteapa de Mayo a Septiembre de 2007.....	16
4.	Gráfica de reducción de turbidez en el rango de 0 – 166 UNT	18
5.	Gráfica de reducción de turbidez en el rango de 167-332 UNT.....	19
6.	Gráfica de reducción de turbidez en el rango de 333 - 500 UNT.....	19

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Registros para medir el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como coagulante principal y <i>Moringa oleifera</i> como coagulante auxiliar.	14
2.	Ensayos de la <i>Moringa oleifera</i> como coagulante principal y $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como coagulante auxiliar.....	15
3.	Turbidez final del agua aplicando la <i>Moringa oleifera</i>	17
4.	Porcentaje de eficiencia de la <i>Moringa oleifera</i> en la reducción de turbidez.	18
5.	Turbidez final del agua aplicando $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	20
6.	Porcentaje de eficiencia del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en la reducción de turbidez.....	20
7.	Eficiencia de reducción con el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como coagulante principal.....	22
8.	Eficiencia de reducción con la <i>Moringa oleifera</i> como coagulante principal	22

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1.	Nombres comunes de la <i>Moringa oleifera</i> en Latinoamérica, Centro América y el Caribe.....	31
2.	Valores nutricionales de la <i>Moringa oleifera</i> en 100 gr de hoja seca	32
3.	Registro de turbidez diaria en el río Neteapa	33

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

UMA	Unidad Municipal Ambiental
INAFOR	Instituto Nacional Forestal de Nicaragua
UFC	Unidades Formadoras de Colonia
UNT	Unidades nefelométricas de turbidez
OPS	Organización Panamericana de la Salud
MIRA	Proyecto Manejo Integrado de Recursos Ambientales, Honduras
INE	Instituto Nacional de Estadística de Honduras
OMS	Organización Mundial de la Salud
SANAA	Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados de Honduras
SETRO	Semillas Tropicales S. de R.L de Honduras
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (United States Agency for International Development)
WSP	Water and Sanitation Program - World Bank

1 INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía. El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que sus usos son restringidos y puede convertirse en una amenaza para la salud.

Las Naciones Unidas, en la primera evaluación de los recursos hídricos mundiales (2003) declaró que en los últimos 50 años el consumo de agua se duplicó y la calidad del agua sigue empeorando. Cada día las enfermedades diarreicas provocan la muerte de 6,000 personas, la mayoría de los cuales son menores de 5 años. Esto hace indispensable la aplicación de mecanismos de pre-tratamiento y desinfección del agua, que consideren que en los países en vías de desarrollo las tecnologías para el tratado del agua deben ser eficientes, baratas y lo menos complicadas posible.

Uno de los principales contaminantes del agua en el trópico, son las partículas en suspensión, que ocasionan que el agua con frecuencia esté sumamente turbia durante la época de lluvias. La turbidez, que es causada por el sedimento en dilución y en suspensión puede reducir significativamente la fotosíntesis de los cuerpos de agua e incrementar su temperatura. Estas condiciones producen vastos efectos a niveles tróficos más altos en la cadena alimentaria.

Según la FAO (2002), la turbidez restringe también la efectividad de desinfección del agua y se encuentra asociado al incremento de otros contaminantes en el agua que están adheridos a las partículas en suspensión, tales como compuestos fosforados, pesticidas, patógenos, entre otros, que son causantes de serias enfermedades gastrointestinales y sistémicas. Según la OMS (2004), el nivel máximo permitido de turbidez del agua para ser consumida es de cinco unidades nefelométricas (UNT).

La OMS (2004), estableció que la segunda causa de mortalidad infantil en Honduras la constituyen enfermedades gastrointestinales hidro-transportadas, y pueden ser prevenidas con mejoras sencillas en los sistemas de agua comunitarios y en los procesos locales de desinfección.

Sin duda alguna, Honduras necesita implementar lo antes posible mecanismos de purificación de agua que sean accesibles y de bajos costos, especialmente en las zonas rurales del país. Basados en esta necesidad se optó por estudiar e implementar alternativas naturales y eficientes para el tratamiento de aguas. Como lo establecen Muyibis S.A. y Evison L. M (1995) en 1994 en Kano, Nigeria se investigaron los efectos del extracto de

la semilla *Moringa oleifera* como ablandador de agua dura y coagulante de los sedimentos asentados en la superficie de aguas impuras. Desde entonces la semilla de *Moringa oleifera* triturada es considerada un coagulante natural y alternativa viable para reemplazar parcial ó completamente al $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y otros productos químicos usados en el tratamiento de aguas.

Esta investigación pretende validar los efectos de la semilla de *Moringa oleifera* como clarificador y coagulante natural en aguas destinadas al consumo humano. Se trabajó en el municipio de Morocelí con muestras de agua del río Neteapa, que suministra agua para consumo al casco urbano del municipio y a varias comunidades aledañas.

1.1 JUSTIFICACIÓN

Según datos obtenidos por la OMS, en el 2007 las enfermedades relacionadas con el agua tienen una incidencia muy acentuada en muchos países. En Latinoamérica y el Caribe, sólo el 24% de la población urbana dispone de algún tipo de sistema de vigilancia y control del agua. En Honduras, Nicaragua, Haití, Guyana y Bolivia, más del 50% de la población sólo tiene acceso a agua corriente potable menos del 50% del tiempo. En cuanto a las enfermedades, a nivel mundial la diarrea provoca la muerte de 1.8 millones de personas al año, de las que el 90% son niños menores de cinco años, procedentes principalmente de países en vías de desarrollo. Se estima que el 88% de los casos son causados por un abastecimiento de agua insalubre, falta de saneamiento e higiene deficiente.

Según la OPS (2004), en Honduras el 77% de las diarreas agudas que se reportan al año, muchas de ellas son hidrotransportadas y corresponden a niños menores de 5 años, siendo ésta la segunda causa de mortalidad infantil en el país; lo que representa un reflejo de la mala calidad del agua disponible para el consumo. Estos datos expresan la necesidad de mejorar el acceso a los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en los municipios de Honduras, uno de ellos Morocelí, que no cuenta con un abastecimiento de agua eficiente, reflejado en la carencia de cobertura total del servicios del agua; empeorando la situación que no todos los hogares tienen los requerimientos mínimos para la eliminación de excretas.

A pesar de los intentos que se han realizado de aumentar la cobertura del agua potable a la población hondureña, la mayoría de los sistemas de agua rurales no se encuentran provistos con mecanismos físicos (pre-filtros y filtros) o químicos (dosificadores de coagulantes y polímeros) para reducir la turbidez del agua, y aun si lo estuvieran, la necesidad de asesoramiento técnico y los costos asociados al manejo impedirían su sostenibilidad y por lo tanto no resolverían de manera permanente los problemas de turbidez y baja calidad de agua para consumo.

Debido a estas condiciones se hace necesario la validación de alternativas naturales de tratamiento, que puedan tratar el agua antes de su desinfección y puedan ser procesadas a nivel de hogar y comunitario, reduciendo la dependencia de proveedores externos, de bajo costo, fácil acceso y de sencilla aplicación.

1.1.1 Limitantes

Las limitantes que tomaron importancia durante la realización del estudio fueron:

- La distancia entre el municipio y el lugar de trabajo, fue una fuerte limitante para la investigadora al momento de tomar los datos de turbidez diarios en el río Neteapa, por lo cual se retrasó el análisis de los mismos.
- Los recursos fueron una limitante para poder profundizar los ensayos. Se necesitaron equipos como prueba de jarras, esterilizador de agua y otros instrumentos y materiales necesarios para hacer muestreos bacteriológicos y fisicoquímicos.

1.1.2 Alcances

El presente estudio se enmarca en el contexto del municipio de Morocelí en el periodo de Mayo a Agosto, sin embargo, busca poder replicar sus resultados y recomendaciones en otras comunidades rurales de la región y del país. Los resultados del estudio servirán como base de futuras investigaciones en el uso y estudio de las propiedades de esta semilla, buscando siempre alternativas eficientes en el control de calidad del agua de manera natural y con bajos costos.

1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Qué método de aplicación del coagulante de la semilla de *Moringa oleifera* puede ser recomendado por su eficiencia y aplicación en el municipio de Morocelí?
- ¿Cuál es el rango de turbidez durante el período de Mayo – Agosto de 2007, en el agua del río Neteapa y en qué manera afecta la calidad de agua para el consumo humano del municipio de Morocelí y comunidades aledañas?
- ¿Cuál es la dosis de *Moringa oleifera* que necesita cada familia en el municipio de Morocelí para tratar el agua de consumo en su propio domicilio con base en las observaciones de turbidez presentes en el río Neteapa?
- ¿Qué porcentaje de efectividad tiene la semilla de *Moringa oleifera* sobre el $Al_2(SO_4)_3$ en la reducción de la turbidez del agua para consumo humano en el río Neteapa, Morocelí?

1.3 OBJETIVOS

- Evaluar la efectividad de la semilla de *Moringa oleifera* como coagulante natural del agua destinada al consumo humano proveniente del río Neteapa.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Comprobar la eficiencia de la semilla de *Moringa oleifera*, cosechada en la zona sur de Honduras, como coagulante natural del agua.
- Comprobar el método de aplicación del coagulante, de la semilla de *Moringa oleifera*, más práctico y eficiente, para recomendar su uso en las familias del municipio de Morocelí.
- Determinar el rango de turbidez de las aguas del río Neteapa mediante muestreos diarios, para establecer dosificaciones más precisas que se ajusten a estos datos de turbidez.
- Comprobar la eficiencia del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ junto con la *Moringa oleifera* como coagulante del agua en la reducción de turbidez.
- Establecer la dosificación adecuada de *Moringa oleifera* requerida por familia, para el tratamiento del agua para consumo humano en el municipio de Morocelí.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ACCESO AL AGUA POTABLE EN HONDURAS

Durante muchos años las instituciones encargadas de proveer agua potable a la población hondureña se han enfocado en construir complejos sistemas de agua, sin poner igual atención en el abastecimiento del recurso a la mayor parte de las personas que viven en las zonas rurales, quienes principalmente se abastecen de agua sin ningún tipo de tratamiento. “Es cierto que el Gobierno de Honduras triplicó el número de sistemas bajo cloración, de 567 a 1,500 para el año 2003, pero esta cifra todavía representa un tercio de los 4,500 sistemas que existen en el país” (WSP, 2004). “Sumado a esto la falta de higiene en el hogar, facilita la proliferación de enfermedades gastrointestinales” (Trevett *et al.*, 2004, citado por Claire M. A. 2006)

Según la OMS (2004) hasta el 2004 sólo 87% de la población urbana y rural en Honduras contaba con acceso a agua potable. Esto significa que alrededor de 1,5 millones de hondureños no tenían acceso a servicios de agua potable y saneamiento en el país; solamente el 36% de la población en general cuenta con sistemas de saneamiento adecuado. El problema no es solo de acceso al agua sino también de calidad en todo el país.

2.1.1 Acceso al agua potable en el municipio de Morocelí

El municipio de Morocelí se encuentra en el departamento de El Paraíso con una población aproximada de 11,969 habitantes (INE 2001) distribuidos en 32 aldeas, con una extensión territorial de 332 Km². Morocelí, junto con otros 10 municipios, forma parte de lo que se conoce como Región del Yeguaré, por su vínculo con la subcuenca del río Yeguaré en el centro-oriental del país.

En un diagnóstico realizado por el Proyecto Manejo Integrado de Recursos Ambientales (USAID/MIRA, 2006), se reporta que Morocelí presenta una de las tasas más elevadas de la región con respecto a enfermedades gastrointestinales. Según este diagnóstico cuenta con los porcentajes más bajos de acceso a agua potable (68.3 %) y acceso a eliminación de excretas (59.9%) de toda la Región del Yeguaré, lo cual indica que en Morocelí es prioritario trabajar en estos dos aspectos que inciden directamente en la salud de las comunidades.

2.2 CALIDAD DEL AGUA POTABLE

La calidad del agua potable es una preocupación mundial, que importa a todos los países desarrollados y en desarrollo por la repercusión de la misma en la salud humana. La Norma Técnica para la calidad del Agua Potable de Honduras, (Acuerdo N° 084 del 31 de Julio de 1995, que entró en vigencia el 4 de Octubre de 1995) define que un agua potable es toda agua, que empleada para ingesta humana, no causa daños a la salud y cumple con las disposiciones de valores guías estéticos, organolépticos, químicos, físicos, biológicos y microbiológicos.

La calidad del agua se deteriora según el grado de contaminantes que se encuentren presentes en el recurso, algunos de ellos son materiales como el limo, arena, arcillas, etc., que generalmente son responsables de impurezas visibles. También pueden contaminar materias suspendidas que son partículas muy pequeñas que no se pueden identificar a simple vista.

Para medir la calidad del agua se deben realizar análisis físico-químicos y bacteriológicos. Según normas establecidas por la OMS, el agua apta para el consumo humano debe garantizar entre otras cosas, la presencia nula de contaminantes, cero UFC (Unidades formadores de colonias) y una turbidez menor de 1 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbidez), entre otros.

2.2.1 Turbidez

“La turbidez es una propiedad que ayuda a cuantificar la cantidad de luz que atraviesa una columna de agua con partículas orgánicas dispersas y partículas inorgánicas. La dispersión de luz se incrementa con la carga de partículas en suspensión”. (Spellman y Drinan, 2000). La turbidez es de importante consideración en las aguas para abastecimiento público por tres razones:

- **Estética:** cualquier turbiedad en el agua para beber, produce en el consumidor un rechazo inmediato y pocos deseos de ingerirla y utilizarla en sus alimentos.
- **Filtrabilidad:** la filtración del agua se vuelve más difícil y aumenta su costo al aumentar la turbidez.
- **Desinfección:** un valor alto de la turbidez, es una indicación de la presencia de materia orgánica y microorganismos, que aumentan la cantidad de cloro u ozono que se utiliza para la desinfección de las aguas en el abastecimiento de agua potable (Universidad de Tamaulipas, 1999. Citado; Orellana A. 2003).

Los niveles altos de turbidez en una fuente agua no sólo afectan al consumo humano (mala calidad del agua potable) sino que también inciden en la biodiversidad acuática de la misma debido a que las partículas suspendidas que ocasionan la turbidez absorben calor de la luz del sol y calientan el agua disminuyendo la concentración del oxígeno de la misma.

Disminuir la turbidez no es sólo una cuestión de estética en las fuentes de agua, es un requisito previo para desinfectar efectivamente el agua antes de ser consumida garantizando la reducción de enfermedades gastrointestinales.

2.3 MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE AGUA EN HONDURAS

Entre los métodos más utilizados en los hogares rurales en tiempos pasados para desinfectar el agua estaban: la sedimentación y decantación, filtración y ebullición, etc. Con el paso de los años se han ido desarrollando técnicas de tratamientos en todo el país alcanzando mejores y garantizadas eficiencias con productos químicos y/o fabricados.

Según Romero S. P. (2006), actualmente, en Honduras los métodos de tratamiento de las aguas en zonas urbanas tienen tres fases que son: el tratamiento primario, la filtración y sedimentación.

2.3.1 Filtros

Es un método muy utilizado, donde el agua pasa a través de un medio de filtración fino u ordinario, tal como arena, carbón, cerámica o tejido. Los filtros pueden ser muy efectivos en remover partículas suspendidas y/o sedimentos con patógenos del agua, pero la eficiencia de los diferentes materiales de los filtros varían considerablemente. Tienen poca disponibilidad a estratos con ingresos económicos bajos y se obstruyen rápidamente cuando tratan aguas con niveles de turbidez muy altos, lo cual eleva los costos de mantenimiento.

2.3.2 Sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

Otro producto muy utilizado es el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ conocido como alumbre, y actúa como coagulante muy eficiente en la clarificación de aguas contaminadas. Se utiliza mayormente en plantas de tratamiento y en menor escala a nivel domiciliar. Según datos del SANAA (2005) en Honduras existen 26 plantas potabilizadoras de agua. Estas plantas utilizan como coagulante $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Este producto es altamente efectivo en la reducción de turbidez del agua. Sin embargo, no es producido en Honduras y por ser importado sus costos no son accesibles para todas las personas, especialmente aquellas que viven en las zonas rurales y/o alejadas de la ciudad o empresas importadoras.

2.4 *Moringa oleifera* PARA EL TRATAMIENTOS DE AGUAS

Una de las alternativas promovidas particularmente en zonas rurales de algunos países de África y Asia es la utilización de semillas de *Moringa oleifera* como coagulante natural del agua (Folkard y Sutherland, 1994). Estudios más recientes en Suecia, demuestran que la proteína con propiedades coagulante de la *Moringa oleifera* no solamente reduce la

turbidez sino también tiene propiedades anti-microbianas y sus resultados en la clarificación son comparable a los del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (Ghebremichael et al., 2005).

Algunas experiencias con *Moringa oleifera* desarrolladas en Kenya - África, en colaboración con el Instituto de Investigación Forestal de Kenya han producido árboles de cuatro metros en sólo 12 meses (Folkard G. y Sutherland J. (1994). Investigadores han trabajado para probar su potencial en el tratamiento de aguas y los ensayos mostraron que el árbol podía florecer y dar fruto en un año. La *Moringa oleifera* es una de esas especies resistentes que requieren poca atención hortícola y crece rápidamente, alcanzando hasta cuatro metros en un año.

2.4.1 Información general sobre la semilla de *Moringa oleifera*

“La *Moringa oleifera* Lam, conocido comúnmente como Marango, pertenece a la familia Moringaceae; es una planta nativa de norte de la India pero actualmente crece muy bien en los trópicos. En África la introducción data desde hace más de 1,000 años y se encuentra ampliamente distribuida en los países de la costa de África, en Australia, en Arabia y en el Caribe; también ha sido introducida en general en América Latina y Centroamérica donde se conoce con distintos nombres y naturalizada en los años 20 del siglo XX como árbol ornamental, cerca viva y cortina rompevientos” (Parrotta J.A. 1993), (Anexo 1).

Es un árbol decíduo de rápido crecimiento y usualmente alcanza de 10 a 12 m de alto. Se valora por sus frutas, flores, raíces (todas comestibles) y por el aceite de su semilla usado principalmente como tratamiento para purificar las aguas. “En Centroamérica se lo conoce como: Marango, Paraíso o Paraíso Blanco y se encuentra en zonas con temperaturas de 6 a 38 °C, es muy resistente al frío por corto tiempo pero no menos de 2 a 3 °C. En temperaturas menores de 14°C no florece y sólo se puede reproducir por reproducción vegetativa (estacas). Se localiza desde el nivel del mar hasta 1,800 msnm y se puede plantar en sitios con precipitaciones de 500 a 1,500 mm anuales, no obstante, se desarrolla mejor en la época seca” (García M., 2003).



Figura 1: Semilla de *Moringa oleifera*. Izq. Paquete de 1 Kg de semillas distribuidas por SETRO. Der. Primer plano de la semilla.

2.4.2 Propiedades y usos sobresalientes de la semilla de *Moringa oleifera*

A la planta de *Moringa oleifera* se le atribuyen propiedades medicinales, alimenticias, comerciales y la propiedad vista en esta investigación: coagulante natural del agua. Entre las propiedades y usos estudiados de esta planta se describen los siguientes:

1. Coagulante natural del agua: de las semillas se extrae un floculante natural tipo polielectrolito con función aniónica y catiónica, el cual sirve perfectamente en la purificación de agua potable y para la sedimentación de partículas minerales orgánicas en aguas residuales.
2. Valor medicinal: con las hojas se pueden realizar infusiones para combatir problemas digestivos y diarreas, así como úlceras estomacales. “Las flores se emplean para tratar problemas respiratorios, también tienen propiedades fungicidas y bactericidas, su característica antibiótica se identifica como Pterygospermin, compuesto bacteriano y fungicida y su descripción química es isotiocianato benzyl de la alfa-L-RHAMNOSYLOX y del glucosinolate 4. Los estudios han demostrado que un extracto hecho de la semilla era igualmente eficaz contra la piel que infectaba el estafilococo áureo de las bacterias como el Neomycin antibiótico” (García 2003).
3. Valores nutricionales: este cultivo brinda muchos productos valiosos: vainas verdes, las hojas, las flores y las semillas tostadas, todos muy nutritivos y se consumen en muchas partes del mundo. Las hojas tienen cualidades nutritivas que están entre las mejores de todos los vegetales perennes. (Anexo 2).
4. Importancia alimenticia: “los frutos, semillas, hojas y tubérculos en estado tierno son consumidos en sopas o tostados como recurso proteico, rico en vitaminas y se consumen hojas tiernas en ensaladas y condimentos” (García 2003).
5. Importancia comercial: como suplemento proteínico (la torta de semilla contiene un 60% de proteína y la semilla entre el 32 y el 40% de grasa) para raciones de ganado vacuno y ovino es un elemento esencial para la alimentación en época seca. El aceite que se extrae de la semilla es muy útil para las industrias de maquinarias finas, pinturas textiles, de pulpas y jugos, cervecera para la sedimentación de levaduras eliminando la turbidez. Las semillas según el Ing. García Jefe de departamento de Promoción Forestal, contienen un 30-42% de aceite. Cuando se siembra para la producción de forraje en densidades altas y con 3 a 4 cortes en el año se pueden obtener de 8 a 10 toneladas de proteína pura/ha/año.

2.4.3 Utilización de la semilla de *Moringa oleifera* en tratamientos de aguas

Las propiedades de la *Moringa oleifera* fueron descubiertas y utilizadas por vez primera en China por mujeres de escasos recursos, quienes al buscar agua para beber descubrieron que las semillas de cierto árbol que crecía cerca de sus casas, tenía el don de arrastrar la suciedad del agua hasta el fondo de la vasija donde la almacenaban y que aquel lodo no volvía a la superficie, dejando el agua limpia y clara. “Desde ese entonces esta planta y sus propiedades se ha dispersado no sólo en Asia sino en otras regiones, adaptándose muy bien a los trópicos” (Parrotta J.A. 1993).

El árbol de *Moringa oleifera* produce semillas con contenidos elevados de proteínas solubles en agua de bajo peso y carga positiva que actúan como los polímeros sintéticos utilizados industrialmente para el tratamiento de aguas (Sutherland, et al., 1990). Al ser agregadas a aguas no tratadas estas proteínas se adhieren a las partículas coloidales con cargas negativas en suspensión, las neutralizan y las aglutinan, favoreciendo su posterior remoción mediante sedimentación o filtración (Ndabigengesere *et al.*, 1995).

Según Ndabigengesere *et al.* (1995), los coagulantes derivados *Moringa oleifera* ofrecen excelentes ventajas a los coagulantes convencionales tales como $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

- La acción de coagulante de la semilla no tiene ninguna influencia en los niveles de pH.
- La alcalinidad natural del agua no se ve afectada con la coagulación que ejerce la semilla en el agua.
- La producción del lodo se reduce y se puede convertir en un acondicionador en los suelos al carecer de residuos de metales.

Estas propiedades han sido promovidas en proyectos comunitarios para el mejoramiento de la calidad de agua para consumo en varios países en desarrollo durante los últimos años, incluso en plantas potabilizadoras en Malawi, en el sureste de África, reduciendo la turbidez del agua de 380 UNT hasta 4 UNT (Sutherland *et al.*, 1995). Estudios recientes demuestran que la semilla de *Moringa oleifera* no solamente reduce la turbidez, sino que también tiene propiedades anti-microbianas y sus resultados en la clarificación son comparables a los de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (Ghebremichael *et al.*, 1995).

2.4.4 Distribución de la semilla *Moringa oleifera* en Honduras

A pesar de las múltiples propiedades y características que presenta la especie de *Moringa oleifera* Lam no existen muchos estudios realizados en América que las comprueben o que estudien su distribución forestal en ecosistemas y hábitats. Según Agudelo N. (2007) tomando en cuenta el sistema de clasificación de las zonas de vida de Holdridge (1947) por las características que presenta la *Moringa oleifera* puede encontrarse en tres ecosistemas:

- Bosque seco tropical, transición a subtropical (bs-T)
- Bosque seco subtropical (bs-S)
- Bosque húmedo subtropical cálido (bh-S (c))

Según el mapa de ecosistemas vegetales de Honduras desarrollado en el 2002, siguiendo el sistema de la UNESCO, la *Moringa oleifera* Lam puede encontrarse en el bosque tropical semi-decíduo latifoliado, submontano, asociado con las especies: *Acacia spp*, *Albizia niopoides*, *Agondara loranthoides*, *Calophyllum candissimum*, *Caesalpinia coriaria*, *Calotropis procera*, *Ceiba pentandra*, *Citharexylum caudatum*, *Cordia alliodora*, *Cordia dentata*, *Crescentia alata*, *Enteloroobium cyclocarpum*, *Gyrocarpus americanus*, *Haematoxylum campechianum*, *Hymenea courbaril*, *Mimosa albida*, entre otras.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las semillas de *Moringa oleifera* que se utilizaron en el presente estudio se adquirieron de la casa distribuidora de semillas SETRO y fueron cultivadas y cosechadas en el Sur de Honduras. Las muestras de agua se tomaron del río Neteapa en el municipio de Morocelí departamento de El Paraíso, y las pruebas se realizaron entre los meses de mayo y agosto del presente año. Así mismo, se recolectaron en el mismo lugar datos de turbidez diarios en el río Neteapa por miembros de la UMA del municipio de Morocelí.

Todos los ensayos fueron realizados en el laboratorio de calidad de agua de la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, de la Universidad Agrícola Panamericana, Zamorano.

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Monitoreo periódico de turbidez

La turbidez del agua en el río Neteapa puede variar dependiendo de la época y/o estación, de la intensidad de la lluvia y de las prácticas productivas en las partes altas de la subcuenca. Todos estos procesos afectan la calidad del agua del municipio de Morocelí. Para efectos del estudio se realizó un muestreo diario de la turbidez (durante tres meses) del agua del río Neteapa. Para obtener al final el rango de los valores máximos y mínimos registrados durante el periodo de estudio.

Los señores René Castillo y Ramón Triminio, miembros de la Unidad de Manejo Ambiental del municipio de Morocelí, fueron los encargados de tomar estos datos en el río. La actividad que se realizó previa al monitoreo fue:

- Capacitación en el uso y manejo del turbidímetro (instrumento utilizado para medir la turbidez del agua) a un miembro de la comunidad para tomar los datos días. Esta persona fue la encargada de multiplicar los conocimientos adquiridos en la capacitación a los otros miembros de la UMA participantes en el estudio. Los datos se reportaron en una hoja de registros entregados por la autora (Anexo 3).

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Con base en las observaciones de turbidez del casco urbano del municipio de Morocelí, se seleccionó como muestra piloto, el agua del río Neteapa que es la fuente de abastecimiento principal de este municipio.

Para efectos de estudio se requería tener rangos distintos de turbidez, por lo que fue necesario manipular la turbidez encontrada en las muestras. Las muestras de agua que se utilizaron para realizar los ensayos con la *Moringa oleifera* se recolectaron en río Neteapa, pero se manipuló su turbidez por efectos del estudio con una arcilla comercial. La turbidez se analizó con el método nefelométrico, utilizando un turbidímetro de marca Micro TPW®.

3.3.1 Método de extracción del polvo de la semilla *Moringa oleifera*

Los pasos que se siguieron en este método fueron los siguientes:

1. Pelar o descascarar la semilla, la cáscara se puede agregar como materia orgánica al suelo.
2. Triturar el número apropiado de semillas a utilizar según la cantidad de agua y el nivel de turbidez de la misma. Se pueden triturar usando un molino o una piedra de moler.
3. Después de triturar la semilla se deber cernir a través de un cedazo o malla fina para eliminar restos de cáscaras y obtener un polvo más fino.
4. Recolectar el polvo extraído en un recipiente seco y con tapa para evitar la inclusión de microorganismos o impurezas del ambiente.

3.3.2 Dosificación

Para encontrar la dosis de polvo de la semilla *Moringa oleifera* que se requiere para tratar el agua se hicieron ensayos con distintas dosis para distintos rangos de turbidez. Se tomaron tres rangos de turbidez entre 0 y 500 UNT. Se dividió el rango de 0- 500 UNT por los máximos niveles de turbidez encontrados en el municipio de Morocelí. Los rangos que se midieron fueron:

1. De 0 a 166 UNT
2. De 167 a 332 UNT
3. De 333 a 500 UNT

Las dosis aplicadas para cada rango de la semilla *Moringa oleifera* fueron:

1. 0.15 gr L⁻¹
2. 0.25 gr L⁻¹
3. 0.30 gr L⁻¹

Las muestras correspondientes a cada rango de turbidez fueron tratadas con cada dosis y al final se evaluó cuál de las dosis presentó mayor eficiencia en el tratamiento de las

muestras de agua. Con el fin de tener más repeticiones y por ende resultados más confiables se hicieron cuatro diluciones de cada rango con agua destilada y manipulando la turbidez con arcilla comercial.

3.3.3 Determinación de la dosis de la *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas

1. Se prepararon las muestras de agua utilizando una arcilla comercial para oscurecer el agua hasta alcanzar los rangos de turbidez determinados, (Figura 2) para medir la turbidez se utilizó un turbidímetro de marca Micro TPW®.
2. Se pesaron las cantidades indicadas del polvo de la semilla triturada y se mezcló cada dosis con una pequeña cantidad de agua limpia (destilada de preferencia), para formar una pasta. Se realizó el mismo procedimiento para cada dosis en cada rango de turbidez.
3. La pasta formada se agregó a las muestras de agua y se agitó aproximadamente durante cuatro minutos para activar las propiedades coagulantes de la semilla.
4. Se filtraron las muestras a un nuevo recipiente a través de un paño de algodón fino para quitar las impurezas restantes de la semilla. Luego se agitó el agua tratada durante 5 a 7 minutos a una velocidad aproximada de 70 – 80 revoluciones por minuto.
5. Después de remover las muestras se las dejó reposar sin moverlas de 1 a 3 horas. En este tiempo las partículas y contaminantes se sedimentaron en el fondo del recipiente. Una vez sedimentadas todas las impurezas de las muestras se procedió a verter el agua tratada a otro recipiente cuidadosamente.
6. El agua limpia quedó lista para filtrarse o desinfectar posteriormente y ser consumida confiablemente.

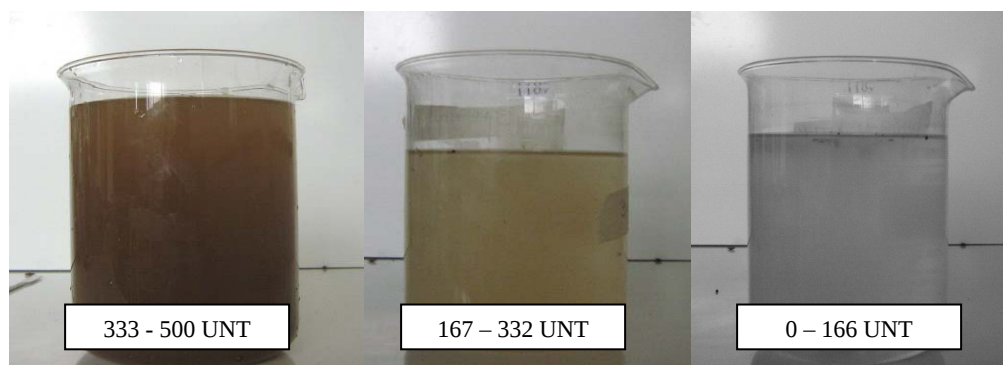


Figura 2: Muestras de agua manipuladas con arcilla en distintos rangos de turbidez

3.3.4 Determinación de las dosis del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Se realizaron similares pruebas con el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, con el fin de obtener la dosis precisa de este compuesto químico para tratar aguas con los rangos antes determinados y mencionados. De esta manera se logró comparar posteriormente el nivel de eficiencia de cada producto en el tratamiento de aguas turbias destinadas al consumo humano.

El $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ se adquirió en una casa comercial y se preparó una solución madre de 1 gr L^{-1} para realizar las mismas pruebas con cada uno de los tres rangos de turbidez establecidos en el estudio. Las dosis de que se aplicaron a cada rango fueron:

1. 10 ppm
2. 20 ppm
3. 30 ppm
4. 40 ppm
5. 50 ppm

Para comparar los resultados con los de la *Moringa oleifera* se realizaron los ensayos en los mismos rangos de turbidez.

3.3.5 Combinación del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y la semilla *Moringa oleifera* para tratamientos de aguas.

Después de realizar las pruebas independientes con la semilla *M. oleifera* y con el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, se realizaron pruebas combinando estos dos compuestos, utilizando al $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como coagulante principal en una serie de muestras y a la *Moringa oleifera* como auxiliar en la coagulación.

1. Se prepararon las muestras de 1L de agua con el rango de turbidez promedio correspondiente al río Neteapa.
2. Se preparó una solución madre de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y se pesó el polvo de la semilla según los rangos de turbidez establecidos anteriormente.
3. Se trató cada muestra con diferentes porcentajes de los compuestos como se muestra en el cuadro 1 y 2.

Cuadro 1: Registro de las combinaciones de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como coagulante principal y *Moringa oleifera* como coagulante auxiliar.

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (%)	<i>Moringa Oleifera</i> (%)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ppm)	<i>Moringa oleifera</i> (gr L^{-1})
90	10	18	0.03
80	20	16	0.06
70	30	14	0.09
60	40	12	0.12
50	50	10	0.15

Fuente: Elaborado por Núñez, 2007.

Cuadro.2: Registros de las combinaciones de *Moringa oleifera* como coagulante principal y $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como coagulante auxiliar.

<i>Moringa Oleifera</i> (%)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (%)	<i>Moringa oleifera</i> (gr L ⁻¹)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ppm)
90	10	0.27	2
80	20	0.24	4
70	30	0.21	6
60	40	0.18	8

Fuente: Elaborado por Núñez, 2007.

Estas combinaciones se realizaron buscando la mejor y más eficiente combinación de ambos coagulantes en la reducción de turbidez en el agua destinada a consumo humano.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 TURBIDEZ EN EL RÍO NETEAPA

Durante el periodo de Mayo a Agosto se reportaron los siguientes datos de turbidez en el río Neteapa:

- Valor máximo registrado: 198.3 UNT, (15 de Junio de 2007).
- Valor mínimo registrado: 6.5 UNT, (28 de Mayo de 2007).
- Rango de turbidez: 167 – 332 UNT

Como se muestra en la siguiente gráfica, los picos de turbidez que se presentaron coincidieron con días de lluvia de leve a intensa y durante el tiempo sin lluvia los rangos se mantuvieron por encima del valor máximo permisible de turbidez (5 UNT) según la Norma Técnica para la calidad del Agua Potable (1995).

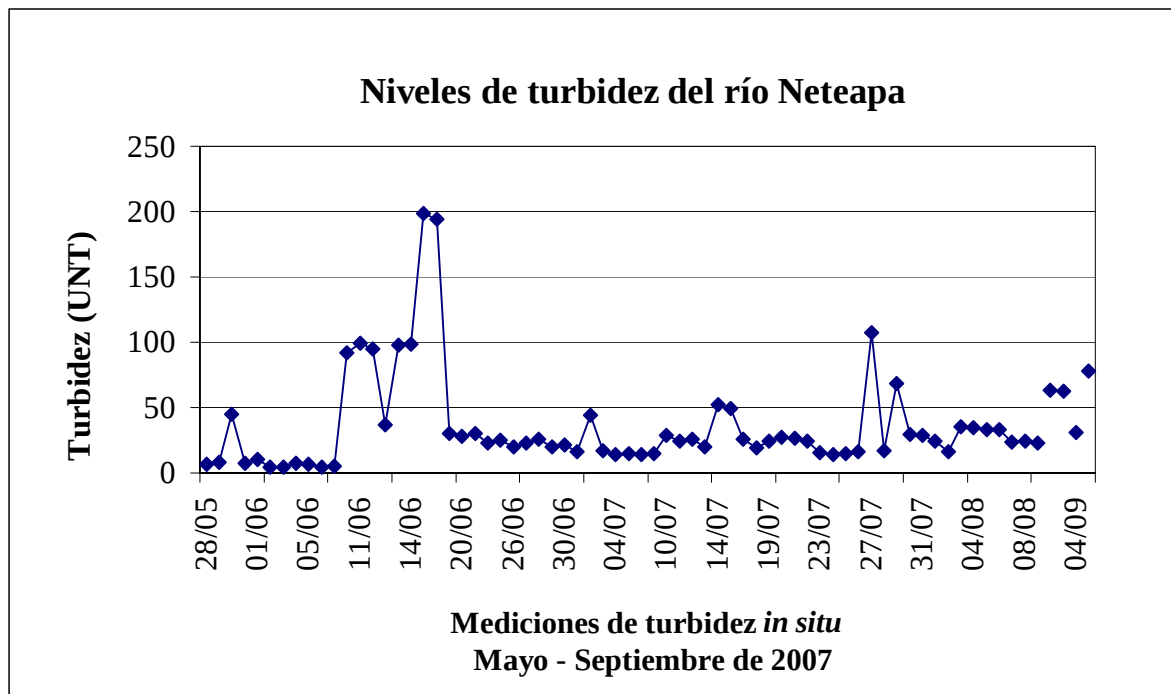


Figura 3: Turbidez registrada en el río Neteapa durante los meses de Mayo a Septiembre de 2007.

Fuente: elaborado por Núñez, 2007.

Se registraron datos diarios hasta el 10 de Agosto, a partir de esa fecha se tomaron mediciones semanales (puntos no continuos en la gráfica) porque la Organización Aguas para el Pueblo comunicó que ya habían alcanzado la cantidad requerida de datos durante la época de lluvia.

4.2 PARÁMETROS MEDIDOS

4.2.1 Rendimiento de la semilla como coagulante natural

Se validó la eficiencia de la semilla *Moringa oleifera* como coagulante natural en el agua. Como se muestra el cuadro 3 y 4 se alcanzó a reducir la turbidez de 288 UNT a 4.8 UNT con una dosis de 0.30 gr L⁻¹, alcanzando una eficiencia de 98% de reducción de turbidez. Con el estudio se pudo validar los resultados de Muyibi, Suleyman A; Okuofu, C. (1994) quienes encontraron, que las propiedades coagulantes de la semilla son más efectivas en niveles de turbidez elevados. Asimismo se encontró que a menor turbidez (0 a 100 UNT) la efectividad de la semilla es menor, pero en aguas con niveles de turbidez altos, la eficiencia se incrementa. (Ver cuadro 3 y 4).

Cuadro 3: Turbidez final del agua aplicando la semilla de *Moringa oleifera*

Rangos de turbidez (UNT)		Dosis en gr L ⁻¹ de <i>Moringa oleifera</i> (Tbf)				Turbidez final
Rangos	Tbo	0.15	0.25	0.30	0.50	
0 - 166	69	23.70	33.00	34.00	36.00	
	93	5.85	5.020	11.04	17.02	
	120	5.10	4.020	9.33	13.70	
	165	35.00	27.28	25.00	41.00	
167 - 332	187	29.00	22.22	4.88	7.20	Turbidez final
	210	62.22	43.010	9.02	9.85	
	288	30.15	15.920	4.83	8.04	
	320	18.23	14.40	6.02	7.08	
333 - 500	355	87.16	5.39	12.80	15.60	Turbidez final
	415	129.00	6.560	14.30	17.02	
	447	99.60	12.400	12.00	13.52	
	500	108.21	10.05	8.08	10.56	

Fuente: Resultado de ensayos de laboratorio, Núñez, 2007.

Cuadro 4: Porcentaje de eficiencia de la semilla de *Moringa oleifera* en reducción de turbidez.

Rangos de turbidez (UNT)		Dosis en gr L^{-1} de <i>Moringa oleifera</i> (Tbf)				% de eficiencia de reducción
Rangos	Tbo	0.15	0.25	0.30	0.50	
0 - 166	69	65.65	52.17	50.72	47.83	
	93	93.71	94.60	88.13	81.70	
	120	95.75	96.65	92.23	88.58	
	165	78.79	83.47	84.85	75.15	
167 - 332	187	84.49	88.12	97.39	96.15	
	210	70.37	79.52	95.70	95.31	
	288	89.53	94.47	98.32	97.21	
	320	94.30	95.50	98.12	97.79	
333 - 500	355	75.45	98.48	96.39	95.61	
	415	68.92	98.42	96.55	95.90	
	447	77.72	97.23	97.32	96.98	
	500	78.36	97.99	98.38	97.89	

Fuente: Resultado de ensayos de laboratorio, Núñez, 2007.

En los siguientes gráficos se observa la reducción de turbidez con las dosis aplicadas, en los rangos establecidos para el estudio. Los picos más bajos de reducción indican la mayor eficiencia en reducción dentro de cada rango.

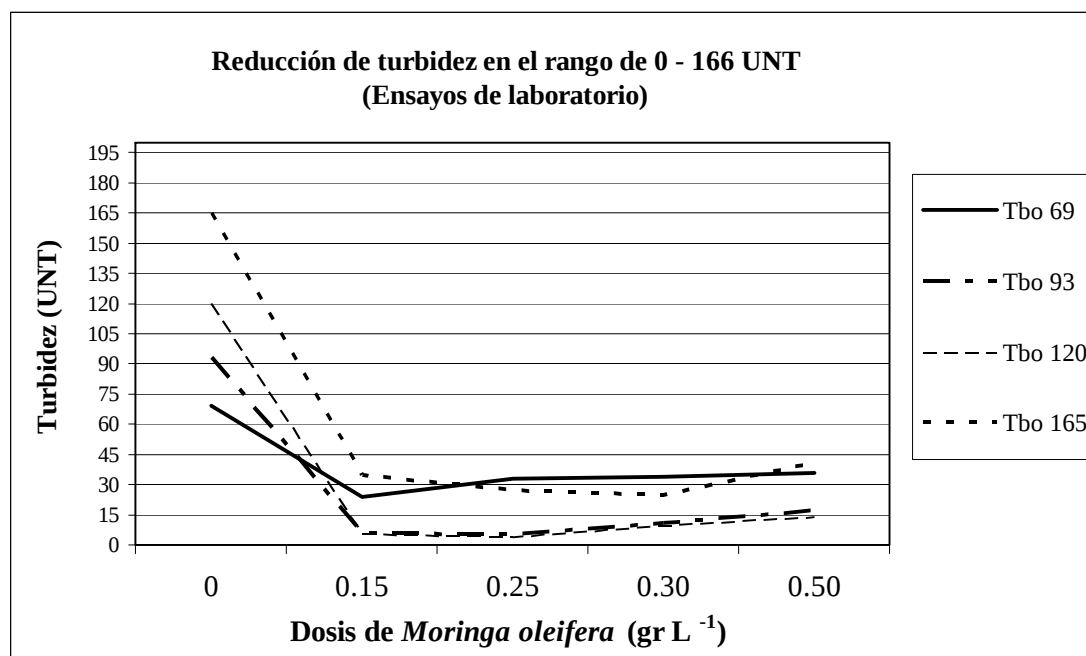


Figura 4: Gráfica de reducción de turbidez en el rango de 0 – 166 UNT.

Fuente: Elaborado por Núñez, 2007.

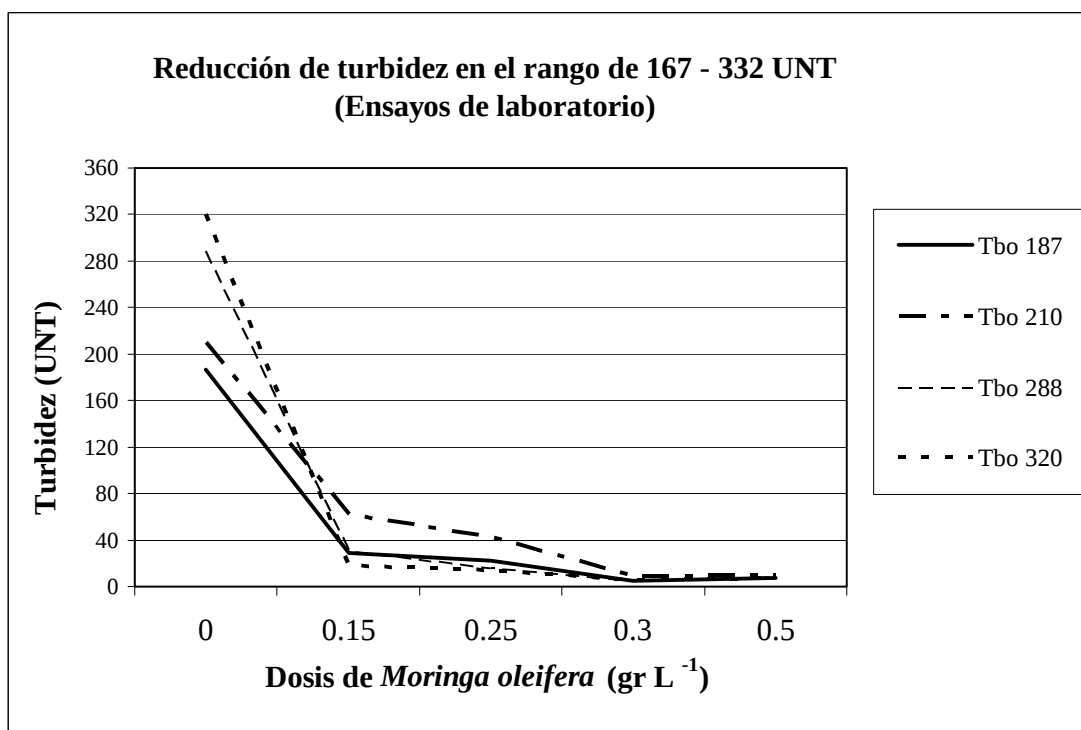


Figura 5: Gráfica de reducción de turbidez en el rango de 167-332 UNT
Fuente: Elaborado por Núñez, 2007.

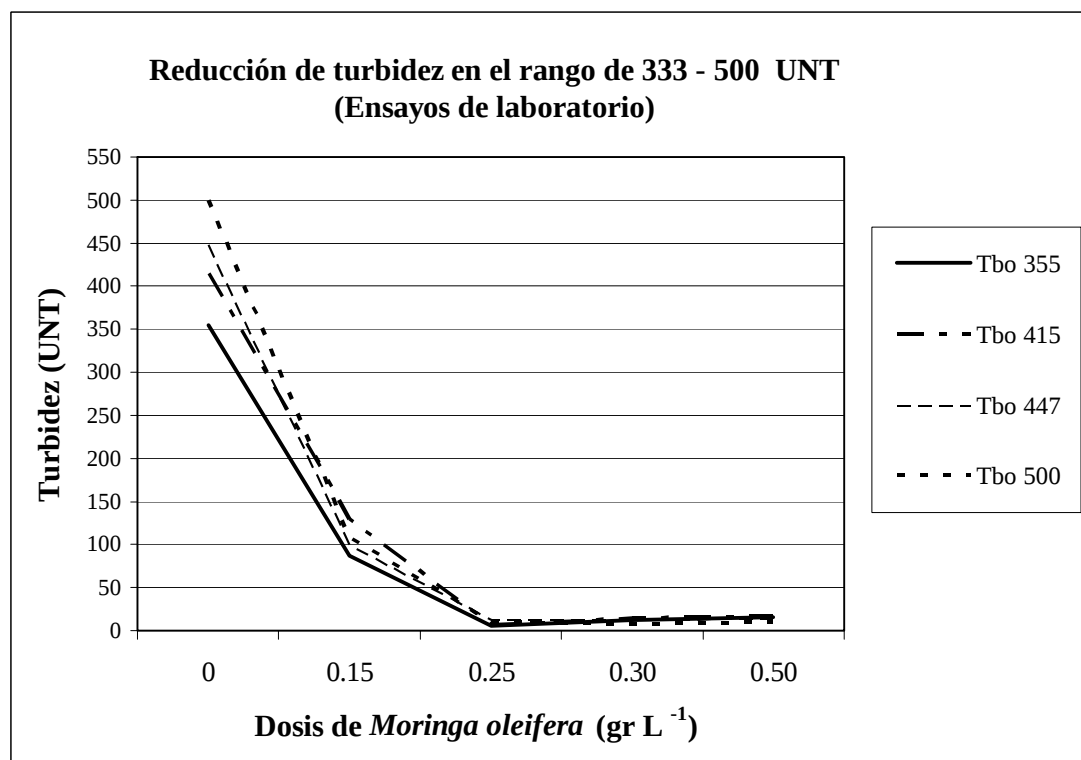


Figura 6: Gráfica de reducción de turbidez en el rango de 333 - 500 UNT.
Fuente: Elaborado por Núñez, 2007.

La *Moringa oleifera*, puede aumentar la turbidez del agua, cuando ésta se agrega más de lo indicado y en concentraciones de aguas con bajos niveles de turbidez. Esto se explica porque al entrar en contacto los coagulantes de la *Moringa oleifera* con las partículas coloides (menores en niveles bajos de turbidez) no encuentran la suficiente materia para adherirse y sedimentarse, lo que hace que quede suelto y se convierta en aporte orgánico y material en suspensión al agua tratada.

Para tratar aproximadamente 20L de agua (la cantidad que se puede llevar en un balde grande) con el rango de valores máximos alcanzado en el río Neteapa (167 a 332 UNT), se necesitan alrededor de 6 gramos de semillas trituradas (1 cucharada de 5ml). Para tratar el agua directamente en el balde se aconseja seguir los siguientes pasos:

1. Realizar una pasta con un poco de agua y el polvo de la semilla.
2. Se puede utilizar una botella de ½ L (de gaseosa) o algún recipiente con tapa, para poner la pasta formada con el polvo de la semilla.
3. Se le puede agregar aproximadamente una taza de agua y agitar por unos 10 minutos el envase. Esto permite que se active las características del coagulante de la semilla.
4. Filtrar esta solución por un pedazo de tela de algodón o lino al balde de agua (20L). Se debe ir mezclando lentamente el agua, en este periodo las semillas se unen o coagulan a las partículas de los sedimentos, las cuales se hunden y asientan en el fondo del balde.
5. Dejar reposar el agua por unas tres a cuatro horas, luego filtrar el agua dejando los sedimentos pegados en las paredes y en el fondo del balde.

4.2.2 Rendimiento del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como coagulante del agua

Se realizaron las mismas pruebas utilizando al $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como coagulante principal del agua. Para encontrar la dosis adecuada del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en un determinado rango de turbidez se probó con distintas dosis en ppm. En los siguientes cuadros se muestran los resultados obtenidos:

Cuadro 5: Turbidez final del agua aplicando $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Turbidez inicial (UNT)	Dosis de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ppm					Turbidez final
	10	20	30	40	50	
160	9.08	8.33	10.20	14.80	22.40	
244	10.40	6.80	7.45	8.46	11.02	
498	10.20	11.02	10.85	9.87	13.05	

Fuente: Elaborado por Núñez, 2007.

Cuadro 6: Porcentaje de eficiencia del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en la reducción de turbidez

Turbidez inicial (UNT)	Dosis de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ppm					Eficiencia %
	10	20	30	40	50	
160	94.33	94.79	93.63	90.75	86.00	
244	95.74	97.21	96.95	96.53	95.48	
498	97.95	97.79	97.82	98.02	97.38	

Fuente: Elaborado por Núñez, 2007

No hubo diferencias significativas en cuanto a la reducción de turbidez comparando los resultados del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con los obtenidos en las pruebas con la *Moringa oleifera*. La mayor eficiencia con el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ se obtuvo en el rango de 333 a 500 UNT, alcanzando una eficiencia en reducción de 98.02% comparando con el 98.48% que alcanzó la *Moringa oleifera* en el mismo rango.

4.2.3 Combinación del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y la semilla *Moringa oleifera* para tratamientos de aguas.

Para realizar las combinaciones se tomó en cuenta los datos de turbidez que se reportaron en el río Neteapa, los picos de turbidez estuvieron dentro del segundo rango de turbidez de las pruebas, es decir de 167 – 332 UNT. Se tomó la dosis de *Moringa oleifera* y $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ que alcanzaron la mayor eficiencia en reducción durante las pruebas (Cuadros 7 y 8). La dosis de mayor eficiencia se tomó como el 100% tanto en las pruebas con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como en las de la *Moringa oleifera*.

Es decir:

- En el rango de 167 - 332 UNT (utilizando *Moringa oleifera*) la dosis 0.25 gr L^{-1} alcanzó la mayor eficiencia de **98.12 %** de reducción de turbidez. Entonces:

$$100 \% = 0.30 \text{ gr L}^{-1}$$

- En el rango de 167 – 332 UNT (utilizando $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) la dosis de 20 ppm alcanzó la mayor eficiencia de **97.21 %** de reducción de turbidez. Entonces:

$$100 \% = 20 \text{ ppm}$$

Se realizaron pruebas tomando a cada compuesto ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y *Moringa oleifera*) como coagulantes principales y al otro como auxiliar.

Cuadro 7: Eficiencia de reducción del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como coagulante principal

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ %	<i>M. oleifera</i> %	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ppm)	<i>M. oleifera</i> (gr L ⁻¹)	Tbo	Tbf	% Eficiencia
90	10	18	0.03	230	2.70	98.83
80	20	16	0.06	230	3.60	98.43
70	30	14	0.09	230	2.50	98.91
60	40	12	0.12	230	9.00	96.09
50	50	10	0.15	230	12.80	94.43

Fuente: Elaborado por Núñez, 2007.

Cuadro 8: Eficiencia de reducción con la *Moringa oleifera* como coagulante principal

<i>Moringa oleifera</i> %	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ %	<i>Moringa Oleifera</i> (gr L ⁻¹)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ppm)	Tbo	Tbf	%Eficiencia
90%	10%	0.27	2	250	11	95.60
80%	20%	0.24	4	250	13.2	94.72
70%	30%	0.21	6	250	10	96.00
60%	40%	0.18	8	252	16	93.65

Fuente: Elaborado por Núñez, 2007.

La mayor eficiencia en la reducción de turbidez se encontró en la combinación de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ppm) como coagulante principal en un 90% y un 10% correspondiente a la *Moringa oleifera* en coagulante auxiliar; seguido por un 96% obtenido con la combinación del 70% de *Moringa oleifera* como coagulante principal y 30% correspondiente al $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ppm) en coagulante auxiliar.

5 CONCLUSIONES

1. El monitoreo periódico de la turbidez del río Neteapa, reflejó la preocupante situación insalubre que enfrentan los habitantes del casco urbano del municipio de Morocelí al emplear esta fuente para el consumo de agua. De los 70 registros de turbidez tomados, sólo 3 fueron aceptables para el consumo humano, según las normas establecidas por la OMS (2007).
2. La semilla de la planta *Moringa oleífera* cultivada en el sur de Honduras, puede ser utilizada sin dificultad en los hogares de áreas rurales y en zonas que presenten problemas de turbidez en el agua destinada a consumo, ya que su extracción no demanda ninguna metodología compleja y por su fácil adaptación a distintos climas y suelos se vuelve muy accesible a los mismos. Para reducir la turbidez de 1L de agua que mantenga niveles de 5 a 500 UNT se necesitan de 0.15 a 0.50gr que equivaldrían a 3 ó 4 semillas, lo que reduce considerablemente los costos de clarificación en comparación con otros compuestos comerciales.
3. Este método puede convertirse en una alternativa eficiente y accesible para el pre-tratamiento de agua destinada al consumo humano en el municipio de Morocelí, que actualmente presenta los niveles de turbidez más elevados de la región y están por encima del valor máximo permisible en Honduras (5 UNT), alcanzando en época de lluvias alrededor de 198.3 UNT.
4. Considerando que cada familia de cinco miembros en Morocelí, utiliza 20L de agua al día sólo para su consumo, cada hogar necesitaría alrededor de 30 semillas de *Moringa oleífera* para clarificar el agua con un rango de 167-332 UNT (correspondiente a las observaciones de este estudio en el río Neteapa). Este método es sencillo, de fácil aplicación y lo más importante de bajos costos.
5. Se comprobó que en niveles bajos de turbidez (0-166 UNT), la semilla de *Moringa oleífera* alcanza una eficiencia de hasta 52%, tendiendo a incrementar la turbidez si es agregada en cantidades mayores de las requeridas. Esto se debe a la adición de materia orgánica al agua. Sin embargo, el coagulante de la semilla puede alcanzar una eficiencia de hasta 98.32% en niveles altos (332-500 UNT) debido a la rápida activación del coagulante con las partículas coloidales en suspensión.
6. El $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, coagulante comercial más utilizado en las plantas de tratamientos de Honduras, tiene una eficiencia de 98% en reducción de turbidez para los niveles altos, pero con la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante auxiliar (aplicada en un 10% de su dosis óptima) puede alcanzar una eficiencia del 99% en los mismos rangos.

7. Como aporte, el presente estudio ha abierto las puertas para un nuevo proyecto de investigación que evaluará la reducción o incremento de otros constituyentes en el agua asociados a parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que pudieran ser alterados mediante la aplicación de este método. Asimismo, este proyecto, ya en marcha, evaluará la eficiencia del método en cuatro comunidades pilotos de la Región del Yeguate y validará su aceptación en las mismas. Los próximos resultados podrán ser la base de otros proyectos que ayuden a solucionar con mayor eficacia y eficiencia los problemas de turbidez del agua que municipio como Morocelí, presentan en Honduras y permitir.

6 RECOMENDACIONES

1. Es necesario hacer notar que este método de clarificación del agua destinada a consumo humano constituye únicamente un proceso de pre-tratamiento del agua, por lo que es indispensable aplicar algún método de desinfección posterior (ebullición, desinfección solar etc.) para garantizar la eliminación de organismos patógenos.
2. No se recomienda desinfectar con cloro el agua pre-tratada con la semilla de *Moringa oleifera* porque la materia orgánica agregada en el proceso puede reaccionar con el cloro formando compuestos dañinos a la salud humana en un mediano a largo plazo.
3. Es muy importante realizar un análisis de costos e inversión, de lo que requiere una familia promedio de zonas rurales para adoptar y utilizar este método. De la misma manera es necesario socializar el método en comunidades pilotos que presenten problemas de turbidez en el agua destinada a consumo y medir el grado de aceptación del mismo.
4. Se recomienda a la Alcaldía Municipal y a las Juntas de Agua del municipio de Morocelí realizar gestiones urgentes para implementar mecanismos de pre-tratamiento del agua como filtros, procesos químicos de clarificación o métodos alternativos naturales, como el objeto de esta investigación, para mejorar la calidad del agua para consumo y prevenir enfermedades hidro-transportadas que actualmente afectan a la población.
5. Se recomienda a la Unidad de Manejo Ambiental (UMA) del municipio de Morocelí dar un seguimiento a los monitoreos de turbidez en el río Neteapa, tanto en la época lluviosa como en la seca, e incorporar otros parámetros (físicoquímico, bacteriológicos, etc.), para garantizar la calidad del agua y salud comunitaria del municipio.
6. El cuidado y la preservación de la salud depende en primer plano del manejo que se le dé al agua en el hogar. Por esta razón se recomienda a las familias de Morocelí aplicar métodos de pre-tratamiento del agua traída de la fuente y de desinfección previo a su consumo. Esto contribuirá a la prevención de enfermedades hidro-transportadas particularmente en niños menos de cinco años.
7. A la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, se le recomienda promover en los estudiantes la investigación aplicada en torno a las propiedades de esta planta. Se

recomienda, por ejemplo, evaluar las propiedades coagulantes de la semilla de *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas residuales en las lagunas de oxidación. Esto podría contribuir al mejoramiento de la calidad de efluente de las mismas.

8. Se invita a otras disciplinas, como el área de Ciencia y Producción Agropecuaria, a realizar un proyecto de investigación para comprobar y utilizar los valores nutricionales que tienen las hojas de *Moringa oleifera* como alimento para especies forrajeras-
 9. Es necesario realizar un estudio de la distribución geográfica de esta planta en el país. Esto ayudaría a conocer los factores climáticos que determinan su adaptabilidad, con el fin de identificar sitios en los que se pueda promover esta alternativa de tratamiento de aguas.
- .

7 REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Agudelo N. 2007. Distribución de la *Moringa oleifera* en Honduras (entrevista personal). 18 de septiembre de 2007. Zamorano, Tegucigalpa - Honduras.

American Society for testing and Material. 1994. Determination of Turbidity in the water (on line). Consultado el 26 de Sep de 2007. Disponible en: <http://www.avantel.net>

Claure, M.A. 2006. Validación del Método SODIS como alternativa para la Desinfección del Agua en la Ciudad de Catacamas, Departamento de Olancho. Tesis Ing. Tegucigalpa Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 66 p.

Folk-ard, G.K. & Sutherland, J.P. & Grant, W.D. 1994. Natural coagulants at pilot scale. In: Piekford J., ed. Water, environment and management: WEDC Conference (18, 1992, Kathmandu Nepal). Proceedings. Loughborough, G.B., Loughborough University Press. p. 51-54.

Folk-ard, G.K. & Sutherland, J.P. 1994. *Moringa oleifera* a multipurpose tree. Footsteps 20:14-1 S.

García M. INAFOR. 2003. Producción de semillas forestales de especies forrajeras enfatizados en sistemas Silvopastoriles: *Moringa oleifera* Lam. Consultado el 25 de May de 2007. (en línea). Disponible en: www.inafor.gob.ni

Ghebremichael K.A, *et al.* 1995. A simple purification and activity assay of the coagulant protein from *Moringa oleifera* seed. Water Research, Volume 39, Issue 11. p. 2338-2344.

Ministerio de Salud de Honduras. 1995. Norma Técnica para la calidad del Agua Potable (en línea). Consultado el 30 de Sep de 2007. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org>

Muyibis S.A. & Evison L. M. 1995. Optimizing physical parameters affecting coagulation of turbid water with moringa oleifera seeds. Vol 29, 12 p.

Ndabigengesere A., K. Subba Narasiah & B.G. Talbot. 1995. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. Water Research, Volume 29, Issue 2, p. 703-710.

Orellama A. 2003. Línea de base en la calidad y cantidad de agua en la microcuenca EL Zapotillo, Güinope, EL Paraíso, Honduras. Tesis Ing. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 98 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).2003. Primera evaluación de los recursos hídricos mundiales realizada por el conjunto del sistema de las Naciones Unidas. Consultado el 25 de Jun de 2007 (en línea). Disponible en: <http://www.portal.unesco.org>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).2002.Mapa de Ecosistemas Vegetales de Honduras. Consultado el 18 de Sep de 2007.(en línea). Disponible en: <http://www.projectmosquitia.com>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). 2002. Relaciones tierra-agua en cuencas hidrográficas rurales. Boletín de Tierras y Agua de la FAO 9. 89 p.

Organización Mundial de la Salud. 2004. Guía para la Calidad de Agua Potable: niveles máximos permisibles de turbidez. Ginebra, Suiza. Vol 1. 3ra Ed. 101 p. Consultado el 18 de Jul de 2007. (en línea). Disponible en: <http://www.who.int>

Organización Mundial de la Salud. 2007. Brotes epidémicos y enfermedades relacionados con el agua. Consultado el 15 de Jul de 2007. (en línea). Disponible en: <http://www.who.int>

Organización Panamericana de la Salud, 2004. Análisis de Situación Honduras 2004. Consultado el 2 de Ago de 2007. (en línea). Disponible en: <http://www.paho-who.hn>

Parrotta, J. A. 1993. *Moringa oleifera* Lam., Reseda, horseradish tree, Moringaceae, horseradish family. U.S. D.A., Forest Service, Int. Inst. Trop. Forestry Publ. SO-ITF-SM-61: 1-6

Romero S.P. 2006. Protección de cuencas, control de vertidos y pagos por servicios ambientales: Diplomado a Periodistas del Sub sector agua potable y saneamiento. Honduras. ppt. 41 p.

SANAA. 2004. Proyecto Piloto de Asistencia Técnica a la Gestión Municipal del Agua. Anexos de informe proporcionados por la Dirección de Investigación y Asistencia Técnica del SANAA

Sutherland, J.P., Folkard, G.K. & Grant, W.D. 1990, Natural coagulants for appropriate water treatment - a novel approach, Waterlines, April, 8, (4), p 30-32.

Sutherland, J.P.; Folkard, G.K.; AL Khalili, R. 1995. Preliminary investigations of alternative coagulat/floeculant dosing regimes to treat the Morton Jaffray source water. Report to Construction Associates. s.n.t. s.p.

Tenorio E. & Guzmán R. 2006. Programa de Monitoreo de Calidad de agua: Subcuenca del río Neteapa, municipio de Morocelí, departamento El Paraíso. Honduras. Julio 2006. 67 p.

USAID/MIRA. 2006. Mejoramiento de la Calidad de Agua en el Hogar. Tegucigalpa, Honduras. 10 p.

WSP. 2004. Technologies applied for drinking water treatment in rural communities. Honduras. 14 p.

8 ANEXOS

Anexo 1: Nombres comunes de la *Moringa oleifera* En Latinoamérica, Centro América y el Caribe.

País	Nombres comunes de <i>Moringa oleifera</i>
Brasil	Cedra
Colombia	Angela
Costa Rica	Marango
Cuba	Palo de Tambor, Palo Jeringa
República Dominicana	Libertad, Palo de abejas, Palo de aceite
El Salvador	Teberinto
Guyana Francesa	Saijhan
Guadeloupe	Ben-ailé, Moloko
Guatemala	Paraíso blanco, Perlas
Haití	Bambou-bananier, Ben oleifere, Benzolive, Benzolivier, Doliv.
Honduras	Marango
Nicaragua	Marango
Panamá	Jacinto
Puerto Rico	Ben, Jazmín francés, Resedá.
Suriname	Kelor, Peperwortel boom
Trinidad	Saijan
Venezuela	Guaireña

Anexo 2: Valores nutricionales de la *Moringa oleifera* en 100 gr de hoja seca

Características	Unidad	Cantidad
Humedad	%	7.5
Calorías		205
Proteína	gr	27.1
Grasa	gr	2.3
Carbohidratos	gr	38.2
Fibra	gr	19.2

Vitaminas	Unidad	Cantidad
Vitamina A-B	mg	16.3
Vitamina B1	mg	2.64
Vitamina B2	mg	20.5
Vitamina B3	mg	8.2
Vitamina C	mg	17.3
Vitamina E	mg	113

Minerales	Unidad	Cantidad
Ca	mg	2003
Mg	mg	368
P	mg	204
K	mg	1324
Cu	mg	0.27
Fe	mg	28.2
S	mg	870

Aminoácidos esenciales	Unidad	Cantidad (%)
Arginina	(g/16gN)	1.33
Histidina	(g/16gN)	0.61
Lisina	(g/16gN)	1.32
Triptófano	(g/16gN)	0.43
Fenilalanina	(g/16gN)	1.39
Metionina	(g/16gN)	0.35
Leucina	(g/16gN)	1.95
Isoleucina	(g/16gN)	0.83
Valina	(g/16gN)	1.06

Anexo 3: Registro de turbidez diaria en el río Neteapa

Fecha	Hora	Turbidez UNT	pH	Responsable del análisis	Observaciones
28/05/2007	11:00 a.m.	6.5	8.16	Ramón Triminio	No ha llovido y el agua está clara.
29/05/2007	09:00 a.m.	8.2	8.4	Ramón Triminio	Llovió la noche anterior pero poco, el agua sigue clara.
30/05/2007	07:30 a.m.	45.1	7.82	Ramón Triminio	Siguió lloviendo en la noche y el agua ya está turbia.
31/05/2007	08:10 a.m.	7.01	8.16	Ramón Triminio	Hay un bonito día.
01/06/2007	10:30 a.m.	10.5	8.14	Ramón Triminio	No ha llovido. Clima fresco.
02/06/2007	10:40 a.m.	4.5	8.47	Ramón Triminio	No ha llovido. Clima cálido.
03/06/2007	07:25 a.m.	4.3	8.31	Ramón Triminio	No ha llovido. Clima cálido.
04/06/2007	07:30 a.m.	7.01	7.81	Ramón Triminio	Fuerte sol, sin lluvia. Agua clara.
05/06/2007	08:10 a.m.	6.8	8.82	René Castillo	Fuerte sol, sin lluvia. Agua clara.
06/06/2007	09:24 a.m.	4.5	8.07	René Castillo	No ha llovido pero está nublado.
07/06/2007	10:40 a.m.	5.3	7.93	René Castillo	Fue un día opaco, llovizno.
08/06/2007	09:25 a.m.	92.0	8.03	René Castillo	Llovió en la noche, el agua está fría.
11/06/2007	07:30 a.m.	99.4	7.84	Ramón Triminio	Llovió mucho toda la noche.
11/06/2007	04:40 p.m.	95.2	7.80	Ramón Triminio	Lluvia, el agua está oscura.
12/06/2007	09:15 a.m.	36.8	8.07	Ramón Triminio	Lluvia, el agua esta más clara pero hay palitos en el agua.
13/06/2007	08:25 a.m.	97.5	7.83	Ramón Triminio	Llovió todo el día.
14/06/2007	02:30 p.m.	98.6	7.82	Ramón Triminio	Llovió y el agua está muy turbia.

15/06/2007	03:25 p.m.	198.3	7.52	Ramón Triminio	Llovió muy fuerte toda la noche.
16/06/2007	04:25 p.m.	194.4	7.51	Ramón Triminio	Llovió muy fuerte toda la noche.
19/06/2007	04:00 p.m.	30.2	7.8	Ramón Triminio	Agua un poco oscura, no ha llovido.
20/06/2007	08:00 a.m.	28	8	Ramón Triminio	Agua clara, no ha llovido.
21/06/2007	07:30 a.m.	30	8.1	Ramón Triminio	
22/06/2007	04:20 p.m.	23	8.2	Ramón Triminio	No ha llovido
25/06/2007	08:00 a.m.	25	8.04	Ramón Triminio	
26/06/2007	04:30 a.m.	20	8.07	Rene Castillo	
27/06/2007	10:30 a.m.	23	8.13	Ramón Triminio	
28/06/2007	07:00 a.m.	26	7.9	Ramón Triminio	Llovió durante la noche.
29/06/2007	06:30 a.m.	20	7.92	Ramón Triminio	Día claro
30/06/2007	07:15 a.m.	21.1	0.82	Ramón Triminio	
01/07/2007	08:00 a.m.	16	8.01	Ramón Triminio	El clima esta fresco, pero llovió un poco la noche anterior.
02/07/2007	01:00 p.m.	44	8.1	Ramón Triminio	Clima cálido
03/07/2007	08:00 a.m.	17	7.82	Ramón Triminio	Llovió un poco la noche anterior.
04/07/2007	01:30 p.m.	14.3	8.21	Ramón Triminio	Sin lluvia
05/07/2007	07:30 a.m.	15	7.95	Ramón Triminio	
06/07/2007	02:00 p.m.	14	8.35	Ramón Triminio	
09/07/2007	07:40 a.m.	15	7.89	Ramón Triminio	
10/07/2007	05:00 p.m.	29	7.55	Ramón Triminio	Llovió un poco al medio día.

11/07/2007	05:00 p.m.	24	7.8	Ramón Triminio	Llovió por la tarde.
12/07/2007	07:15 a.m.	26	7.4	Ramón Triminio	Llovió mucho durante la noche anterior.
13/07/2007	08:00 a.m.	20	7.42	Ramón Triminio	Día claro
14/07/2007	11:00 a.m.	52	7.4	Ramón Triminio	Llovió mucho durante las noches.
16/07/2007	11:30 a.m.	49	7.14	Ramón Triminio	
17/07/2007	07:30 a.m.	26	7.23	Ramón Triminio	No ha llovido, pero el día esta nublado.
18/07/2007	07:30 a.m.	19	7.53	Ramón Triminio	Día despejado, no ha llovido.
19/07/2007	05:00 p.m.	24	7.43	Ramón Triminio	
20/07/2007	07:00 a.m.	27	7.4	Ramón Triminio	
21/07/2007	07:40 a.m.	26.3	7.23	Ramón Triminio	
22/07/2007	07:20 a.m.	24.6	7.16	Ramón Triminio	
23/07/2007	07:15 a.m.	15.8	7.62	Ramón Triminio	
24/07/2007	04:00 p.m.	14	7.82	Ramón Triminio	Temperatura caliente. No ha llovido agua clara.
25/07/2007	03:20 p.m.	14.7	7.62	Ramón Triminio	No ha llovido. Agua clara.
26/07/2007	07:30 a.m.	15.9	7.5	Ramón Triminio	No ha llovido. Agua clara.
27/07/2007	06:30 a.m.	107.3	7.42	Ramón Triminio	Agua revuelta. Color amarillo.
28/07/2007	09:40 p.m.	16.6	7.48	Ramón Triminio	Agua revuelta. Color amarillo.
30/07/2007	08:00 p.m.	68.3	7.47	Ramón Triminio	Agua está sucia. Llovió por la noche.
31/07/2007	07:25 p.m.	29.2	7.75	Ramón Triminio	Agua está clara. No ha llovido.

01/08/2007	06:45 p.m.	29	7.66	Ramón Triminio	
02/08/2007	06:30 p.m.	24.1	7.66	Ramón Triminio	
03/08/2007	01:30 p.m.	16.5	7.95	Ramón Triminio	
04/08/2007	07:20 a.m.	35	7.73	Ramón Triminio	No ha llovido. Clima cálido.
05/08/2007	09:45 a.m.	34.5	7.81	Ramón Triminio	El agua está clara.
06/08/2007	07:20 a.m.	33	7.74	Ramón Triminio	Llovió y el agua está revuelta.
07/08/2007	08:10 a.m.	33.1	7.77	Ramón Triminio	El agua está clara.
08/08/2007	05:20 p.m.	23.2	7.89	Ramón Triminio	El agua está clara. No ha llovido
09/08/2007	03:40 p.m.	24.6	7.91	Ramón Triminio	No ha llovido, el día está caliente.
10/08/2007	06:00 a.m.	22.8	7.45	Ramón Triminio	No ha llovido. El agua está clara.
28/08/2007	09:00 a.m.	63.2	7.72	Ramón Triminio	Llovió la noche del 24/08/07 y el agua está turbia.
30/08/2007	09:00 a.m.	62.2	7.66	Ramón Triminio	Llovió toda la noche y el agua está revuelta.
04/09/2007	08:00 a.m.	31	7.31	Ramón Triminio	No ha llovido y el agua está clara.
14/09/2007	01:50 p.m.	78	7.1	René Castillo	Llovió el día anterior y el agua está revuelta.