

Tratamiento de Agua con Semillas de Moringa oleifera como Floculante Natural

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Higiene y Prevención

Etiquetas: Sin etiquetas

Tratamiento de Agua con Semillas de Moringa oleifera como Floculante Natural

Las semillas del árbol Moringa oleifera contienen una proteína catiónica (proteína MOC, Moringa Oleifera Cationic protein) que actúa como floculante-coagulante natural para la clarificación de agua turbia. Este método ha sido validado por la OMS y UNICEF como tecnología apropiada para el tratamiento doméstico del agua en emergencias y comunidades rurales de zonas tropicales donde el árbol crece naturalmente (África subsahariana, sur de Asia, América Central). Estudios del Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo (JMP) confirman que el tratamiento con Moringa reduce la turbidez en un 90-99% y las bacterias coliformes en un 90-99% (1-2 log) cuando se aplica correctamente. Sin embargo, la Moringa es un coagulante-floculante, no un desinfectante completo: requiere un paso posterior de desinfección (cloración, SODIS o ebullición) para garantizar la seguridad microbiológica.

Mecanismo de acción de la proteína MOC

La coagulación-floculación es el proceso de desestabilizar las partículas coloidales suspendidas en el agua para que se agreguen en flóculos (grumos) sedimentables. Las partículas de arcilla, materia orgánica y microorganismos en suspensión tienen carga negativa superficial que las mantiene dispersas por repulsión electrostática.

La proteína MOC (masa molecular ~6,5 kDa) presente en el endospermo de las semillas de Moringa es una proteína dimérica fuertemente catiónica (punto isoelectrico >10) con actividad coagulante. Sus mecanismos de acción incluyen: neutralización de carga (los grupos catiónicos neutralizan la carga negativa de los coloides), formación de puentes poliméricos (las cadenas proteicas conectan partículas entre sí) y adsorción-desestabilización (la proteína se adsorbe en la superficie de partículas y reduce su potencial zeta).

Una ventaja importante frente a coagulantes químicos como el sulfato de aluminio (alumbre) es que la Moringa no altera significativamente el pH del agua (el alumbre acidifica), no añade metales al agua tratada y la materia orgánica residual es biodegradable. La dosis típica es de 50-200 mg de polvo de semilla por litro de agua, dependiendo de la turbidez inicial.

Propiedad

Moringa oleifera

Sulfato de aluminio (alumbre)

Tipo de coagulante

Proteína catiónica natural

Sal metálica inorgánica

Efecto sobre pH

Mínimo ($\pm 0,5$ unidades)

Reduce pH (acidifica)

Residuo metálico

Ninguno

Aluminio residual (riesgo neurológico)

Materia orgánica residual

Biodegradable

No aplica

Disponibilidad local (trópicos)

Alta (árbol cultivable)

Requiere importación/industria

Coste

Gratuito si hay árboles

5-15 USD/kg

Eficacia (turbidez >100 NTU)

90-99% reducción

95-99% reducción

Actividad antimicrobiana

Parcial (90-99% bacterias)

Parcial (por arrastre)

Protocolo de preparación y dosificación

El procedimiento estándar para el tratamiento doméstico de agua con Moringa ha sido estandarizado por UNICEF y diversas ONG internacionales (CAWST, Practical Action). La clave es una dosificación correcta y un proceso de mezcla en dos fases.

Paso 1: Recolección y secado de semillas: Recolectar vainas maduras (secas, color marrón) del árbol de Moringa. Extraer las semillas y retirar las alas papiráceas (la cubierta ligera exterior). Secar al sol si no están completamente secas. Las semillas se conservan 1-2 años en lugar seco y oscuro.

Paso 2: Descascarillado y molienda: Retirar la cáscara dura externa de las semillas, conservando solo el endospermo blanco (la parte interior). Triturar en mortero hasta obtener un polvo fino. Alternativamente, machacar con una piedra sobre superficie limpia. Un grano de Moringa pesa aproximadamente 0,3 g; se necesitan 1-2 semillas por litro de agua turbia.

Paso 3: Preparar solución madre: Mezclar el polvo de semilla con un poco de agua limpia (1 cucharada de polvo en 1 taza de agua, ~250 ml) y agitar vigorosamente durante 5 minutos para extraer la proteína coagulante. Filtrar la mezcla a través de un paño de algodón limpio para retirar los sólidos. El líquido filtrado es la solución coagulante activa.

Paso 4: Dosificación y mezcla rápida: Añadir la solución madre al agua a tratar. Dosis orientativa: solución de 1 semilla por litro para turbidez moderada (30-100 NTU), 2 semillas por litro para turbidez alta (>100 NTU). Agitar rápidamente durante 2 minutos con un palo o cuchara grande (>60 rpm) para distribuir el coagulante uniformemente.

Paso 5: Mezcla lenta y floculación: Reducir la velocidad de agitación a movimientos lentos y suaves (15-20 rpm) durante 10-15 minutos. Esta fase permite la formación de flóculos grandes. Agitación demasiado rápida rompe los flóculos; demasiado lenta no permite su crecimiento.

Paso 6: Sedimentación: Dejar reposar sin tocar durante 1-2 horas. Los flóculos sedimentan al fondo. Decantar cuidadosamente el agua clarificada superior sin perturbar el sedimento del fondo. Usar un sifón o inclinar suavemente el recipiente.

Paso 7: Desinfección posterior obligatoria: El agua clarificada aún puede contener patógenos viables. Desinfectar mediante: cloración (2 gotas de lejía al 5% por litro, esperar 30 min), SODIS (6 horas al sol en botella PET), o ebullición (1 minuto a borboteo fuerte).

Sobredosificación: Añadir demasiada Moringa no mejora el resultado e incluso lo empeora: el exceso de proteína orgánica aumenta la materia orgánica disuelta, puede provocar olor desagradable y favorece el recrecimiento bacteriano. Es preferible quedarse corto y repetir el tratamiento que sobredosificar. La dosis ideal es la mínima que produce agua clara.

Eficacia y limitaciones documentadas

Numerosos estudios científicos han evaluado la eficacia de la Moringa como coagulante. Los resultados son consistentes y positivos para la clarificación, pero con limitaciones claras en la desinfección completa.

Parámetro

Agua sin tratar

Tras Moringa

Reducción

Turbidez (NTU)

100-500

1-15

90-99%

E. coli (UFC/100ml)

10.000-100.000

100-1.000

90-99% (1-2 log)

Coliformes totales

10.000-500.000

500-5.000

90-99%

Color (UC Pt-Co)

200-800

10-50

85-95%

DBO₅ (mg/L)

50-200

10-40

70-80%

Los estudios de Ndabigengesere y Narasiah (1998) en la Universidad de Quebec demostraron que la proteína purificada de Moringa produce lodos 5 veces menores que el sulfato de aluminio para la misma turbidez inicial, y los lodos son completamente biodegradables (pueden usarse como abono).

Moringa NO es suficiente sola: La reducción de 1-2 log de bacterias NO garantiza agua segura para beber según criterios OMS (que exige 0 E. coli en 100 ml). La Moringa es un excelente PRETRATAMIENTO: clarifica el agua turbia, facilitando la desinfección posterior. Agua clara se desinfecta mucho más eficazmente con cloro, UV o SODIS que agua turbia. Siempre combinar Moringa + desinfección.

Cultivo del árbol y disponibilidad de semillas

Moringa oleifera es un árbol de crecimiento rápido originario del sur de Asia, ampliamente naturalizado en zonas tropicales y subtropicales. La disponibilidad local de semillas es crucial para la sostenibilidad del método.

Clima y suelo: Crece en zonas con temperatura media >20 °C, tolera sequía (250-1.500 mm de lluvia anual) y suelos pobres. No tolera heladas ni encharcamiento. Rango: latitudes 0-30° Norte y Sur. Se cultiva exitosamente en toda África subsahariana, India, Centroamérica, Caribe y norte de Sudamérica.

Crecimiento y producción: Crece 3-5 metros en el primer año. Produce semillas desde el segundo año. Un árbol adulto puede producir 15.000-25.000 semillas/año (5-10 kg), suficientes para tratar 10.000-25.000 litros de agua. Con 10 árboles, una comunidad de 100 personas tiene suministro indefinido de coagulante natural.

Usos adicionales: Las hojas son altamente nutritivas (27% proteína en base seca, ricas en vitaminas A y C, hierro y calcio), consumidas como verdura en toda África y Asia. El aceite de la semilla (aceite de Ben, 35-40%) es comestible y se usa como lubricante. Las semillas residuales tras extraer el aceite conservan la actividad coagulante. La corteza produce fibra textil.

Almacenamiento de semillas: Las semillas secas se conservan 2 años en recipiente hermético, fresco y seco. El polvo de semilla molido pierde actividad en 1-3 meses: moler justo antes de usar. La solución coagulante (paso 3) debe usarse dentro de las 24 horas siguientes a su preparación.

⚠ Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.