

FLUORURO EN AGUA POTABLE

Resumen bibliográfico realizado por CAWST
Edición: Febrero 2010





12, 2916 – 5th Avenue
Calgary, Alberta
T2A 6K4, Canada
Teléfono + 1 (403) 243-3285
Fax + 1 (403) 243-6199
E-mail: cawst@cawst.org
Página Web: www.cawst.org

CAWST es una organización canadiense sin fines de lucro enfocada en el principio de que el agua potable cambia vidas. El agua segura y el saneamiento básico son el pilar fundamental para darles poder a las personas más pobres del mundo y así romper el ciclo de la pobreza. En CAWST creemos que el camino es enseñarles a las personas las habilidades necesarias para tener agua potable en sus hogares. CAWST transfiere conocimiento y habilidades a organizaciones y personas en países en desarrollo a través de la educación, la capacitación y la consultoría. Esta red en constante expansión puede motivar a que en los hogares se pongan manos a la obra para satisfacer las necesidades básicas de agua y saneamiento.

Una de las estrategias centrales de CAWST es hacer que el conocimiento sobre el agua sea un conocimiento común. Eso se logra, en parte, con el desarrollo y la distribución gratuita de material educativo, con el objetivo de aumentar su disponibilidad para quienes más lo necesitan.

Este documento es de contenido abierto y se encuentra bajo la licencia de Creative Commons Attribution Works 3.0 Unported License. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/> o envíe una carta a Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, EE.UU.

Usted es libre de:

- Compartir — copiar, distribuir o enviar este documento
- Adaptar este documento. Nos gustaría recibir una copia de los cambios realizados para mejorar este documento.

Bajo las siguientes condiciones:

- Atribución. Deberá atribuir este documento a CAWST (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).

CAWST y sus directores, empleados, contratistas y voluntarios no asumen ninguna responsabilidad ni dan ninguna garantía respecto de los resultados que puedan obtenerse a partir del uso de la información proporcionada.

Créditos de la foto de portada: Una niña de la India muestra sus dientes, afectados por la fluorosis dental. ©Ruhani Kaur/UNICEF India. Disponible en: www.drinking-water.org/html/en/ImageView/00000381.html

Contenidos

INTRODUCCIÓN	1
PARTE 1: EL FLUORURO — PRESENCIA Y ESPECIFICACIONES QUÍMICAS	2
CATEGORÍA 1 – ARTÍCULOS PUBLICADOS.....	2
Fluoruro en agua potable	2
CATEGORÍA 2 - ARTÍCULOS NO PUBLICADOS DE ALTA CALIDAD	2
Mapeo SIG de aguas subterráneas contaminadas con fluoruro en los distritos de Nakuru y Baringo, Kenia	2
PARTE 2: EL IMPACTO DEL FLUORURO EN LA SALUD.....	3
CATEGORÍA 1 - ARTÍCULOS PUBLICADOS	3
Percepción de la comunidad sobre el fluoruro y problemas de salud relacionados en una zona fluorótica en Etiopía	3
Efecto de la ingesta de tamarindo en la excreción de fluoruro en seres humanos.....	3
Fluoruro en agua potable	4
Mitigación integral de la fluorosis	5
PARTE 3: TECNOLOGÍAS PARA LA ELIMINACIÓN DEL FLUORURO.....	7
CATEGORÍA 1 - ARTÍCULOS PUBLICADOS	7
Tecnología de desfluorización adecuada para uso en zonas fluoróticas de Tanzania	7
Desfluorización de agua con pH elevado mediante el uso de brushita, hidróxido de calcio y carbón animal.....	7
Fluoruro en agua potable	8
Estudios sobre la eliminación de fluoruro mediante la utilización de materiales naturales: Nota técnica	9
Niveles de fluoruro en aguas subterráneas de pueblos del sur de Malawi y estudios sobre la eliminación mediante el uso de bauxita	9
Desfluorización de bajo costo mediante el uso de ladrillos partidos	10
Nomograma de desfluorización de agua por lotes mediante el uso de hueso de pescado carbonizado.....	10
Estudio de sorción para la desfluorización mediante carbón animal.....	11
Tecnologías para la eliminación del fluoruro.....	11
Desarrollo de filtros a base de carbón animal para la eliminación del fluoruro en el agua potable	11
Uso de arcilla activada para la desfluorización del agua	12
CATEGORÍA 2 – ARTÍCULOS NO PUBLICADOS.....	13
Adaptación del filtro de bioarena para la eliminación de fluoruro: una investigación sobre medios alternativos de filtrado.....	13
Desfluorización del agua mediante el uso de semillas de <i>Moringa oleifera</i> y sales inorgánicas	13
CATEGORÍA 3 – INFORMES Y OTROS.....	15

Experiencias de la Diócesis Católica de Nakuru (DCN) sobre la producción de carbón animal	15
Experiencias de la Diócesis Católica de Nakuru (DCN) sobre desfluorización a escala comunitaria.....	15
Experiencias de la Diócesis Católica de Nakuru (DCN) sobre desfluorización a nivel domiciliario.....	16
Informe de situación anónimo	16
PARTE 4: RESUMEN DE PUBLICACIONES.....	18
Tabla 1: El fluoruro — Presencia y especificaciones químicas	18
Tabla 2: El impacto del fluoruro en la salud	19
Tabla 3: Tecnologías para la eliminación del fluoruro	20

Introducción

Este resumen bibliográfico contiene resúmenes breves de informes y artículos de investigación sobre el fluoruro en el agua potable, y abarca los siguientes temas:

- El fluoruro — presencia y especificaciones químicas.
- La exposición al fluoruro: el impacto en la salud.
- Tecnologías para la eliminación del fluoruro. Estudios de campo y de laboratorio.

Todos los documentos están categorizados y listados en el siguiente orden:

1. Artículos publicados, revisados por colegas.
2. Artículos no publicados, de gran calidad.
3. Informes y otros (por ejemplo: estudios de campo, presentaciones de PowerPoint, comunicados de prensa, comunicaciones personales)

PARTE 1: EL FLUORURO — PRESENCIA Y ESPECIFICACIONES QUÍMICAS

CATEGORÍA 1 – ARTÍCULOS PUBLICADOS

Fluoruro en agua potable

Referencia: Fawell, J., Bailey, K., Chilton, J., Dahi, E., Fewtrell, L. y Y. Magara (2006). Fluoruro en agua potable: Capítulo 2, Presencia en el medio ambiente, geoquímica y exposición. IWA Publishing, en nombre de la Organización Mundial de la Salud.

Disponible en:

www.who.int/water_sanitation_health/publications/fluoride_drinking_water/en/index.html

En el capítulo 2 de este documento se proporciona información sobre la presencia del fluoruro en el medio ambiente, su geoquímica y la exposición a dicha sustancia. Entre la información clave, se incluye:

- El fluor es uno de los elementos químicos más reactivos y por lo tanto no se lo encuentra como tal en el medio ambiente.
- Es el elemento químico más electronegativo, lo que significa que tiene una fuerte tendencia a adquirir carga negativa, y en solución forma iones F⁻ (fluoruro).
- Los fluoruros se encuentran en niveles significativos en una amplia variedad de minerales, como la fluorita, la fosforita, la criolita, la apatita, la mica, la hornblenda.
- El fluoruro está presente en alguna concentración en todas las aguas naturales.
- En las aguas subterráneas, puede haber altas o bajas concentraciones, dependiendo de la naturaleza de las rocas y de la presencia de minerales que contienen fluoruro.
- Las otras fuentes de exposición al fluoruro son: el aire, los productos dentales, los alimentos y bebidas distintas al agua.

El capítulo 7 proporciona información sobre la presencia de fluoruro en cada país.

CATEGORÍA 2 - ARTÍCULOS NO PUBLICADOS DE ALTA CALIDAD

Mapeo SIG de aguas subterráneas contaminadas con fluoruro en los distritos de Nakuru y Baringo, Kenia

Referencia: Näslund, J. y I. Snell (2005). Mapeo SIG de aguas subterráneas contaminadas con fluoruro en los distritos de Nakuru y Baringo, Kenia.

Disponible en: <http://epubl.luth.se/1402-1617/2005/198/LTU-EX-05198-SE.pdf>

Esta es la tesis de una Maestría en Ciencias llevada a cabo en los distritos de Nakuru y Baringo, en la provincia del Valle del Rift, en Kenia. Proporciona información sobre las pruebas de concentración de fluoruro y el mapeo SIG, como también sobre las concentraciones de fluoruro en las aguas subterráneas de esa región de Kenia.

PARTE 2: EL IMPACTO DEL FLUORURO EN LA SALUD

CATEGORÍA 1 - ARTÍCULOS PUBLICADOS

Percepción de la comunidad sobre el fluoruro y problemas de salud relacionados en una zona fluorótica en Etiopía

Referencia: Melaku Z. et al. (2000). Percepción de la comunidad sobre el fluoruro y problemas de salud relacionados en una zona fluorótica en Etiopía. Tercer taller internacional sobre prevención de la fluorosis y desfluorización del agua, Sesión 1 Epidemiología: 10.

Disponible en: www.de-fluoride.net/3rdproceedings/14-21.pdf

Este artículo es un resumen de una encuesta llevada a cabo con el objetivo de describir el conocimiento, la actitud y la percepción que tienen los habitantes de la comunidad de Wonji-Shoa, en Etiopía, en cuanto al fluoruro y a los problemas de salud relacionados. Se identificaron seis grupos focales de ocho a diez participantes para representar los diversos segmentos de la población de la zona. Luego se llevaron a cabo seis debates dentro de la comunidad, dirigidos por los investigadores.

Los resultados mostraron que existe una buena comprensión de las consecuencias del consumo de agua sin tratamiento, pero al mismo tiempo hay una brecha en el conocimiento y conceptos erróneos en cuanto al fluoruro y sus consecuencias para la salud. En el estudio, se recomienda proporcionar educación sanitaria a la comunidad afectada por el fluoruro, con incapié en las mujeres del segmento socioeconómico más bajo.

Efecto de la ingesta de tamarindo en la excreción de fluoruro en seres humanos

Referencia: Khandare, A. L., Rao, G. S. y N. Lakshmaiah (2002). Efecto de la ingesta de tamarindo en la excreción de fluoruro en seres humanos. *European Journal of Clinical Nutrition* 56, No. 1: 82.

Disponible en: www.nature.com/ejcn/journal/v56/n1/full/1601287a.html

El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de la ingesta de tamarindo (*Tamarindus indicus*) en la excreción de fluoruro en niños en edad escolar. Es un estudio aleatorizado de control de dieta. Dieciocho niños saludables completaron el estudio y cada uno consumió diariamente 10 g de tamarindo en el almuerzo durante 18 días. La composición nutricional diaria de la dieta fue constante a lo largo del período experimental. Se encontró que “la ingesta de tamarindo llevó a un aumento significativo ($P < 0,001$) en la excreción del fluoruro en orina de 24 hs ($4,8 \pm 0,22$ mg/día), en comparación con la excreción en el grupo de control ($3,5 \pm 0,22$ mg/día). Sin embargo, la excreción de magnesio y zinc disminuyó significativamente”. “No hubo una variación significativa en la excreción de calcio y fósforo, mientras que la excreción de creatinina disminuyó con la ingesta de tamarindo.” En el estudio, se concluye que la ingesta de tamarindo probablemente ayude a retardar el avance de la fluorosis al potenciar la excreción del fluoruro por vía urinaria.

Fluoruro en agua potable

Referencia: Fawell, J., Bailey, K., Chilton, J., Dahi, E., Fewtrell, L. y Y. Magara (2006). Fluoruro en agua potable: Capítulo 3 Efectos en la salud de los seres humanos y Capítulo 4 Normas y directrices. IWA Publishing, en nombre de la Organización Mundial de la Salud.

Disponible en:

www.who.int/water_sanitation_health/publications/fluoride_drinking_water/en/index.html

En los capítulos tres y cuatro de este documento se abordan los efectos del fluoruro en la salud de los seres humanos y las normas y directrices sobre agua potable. Entre la información clave, se incluye:

- Los efectos adversos de la ingesta de fluoruro van desde la fluorosis dental leve hasta la fluorosis ósea incapacitante.
- Se absorbe del 75% al 90% del fluoruro ingerido y el 99% de la carga corporal de fluoruro se aloja en zonas ricas en calcio, como los huesos y los dientes.
- Fluorosis dental:
 - El margen entre los efectos beneficiosos del fluoruro y la aparición de la fluorosis dental es pequeño, y los programas de salud pública buscan mantener un equilibrio adecuado entre los dos (Programa Internacional para la Seguridad Química de la Organización Mundial de la Salud, IPCS por sus siglas en inglés, 2002).
 - La fluorosis dental aumenta a medida que se incrementa la concentración de fluoruro.
 - La fluorosis dental puede manifestarse de forma poco visible en algunos casos. También puede presentarse un manchado marcado o corrosión dental en los casos más graves. La enfermedad es causada por un nivel elevado de fluoruro en el esmalte en formación o junto a él (Whitford, 1997). La fluorosis dental no se desarrolla en adultos; su presencia en ellos es resultado de una gran exposición al fluoruro durante la niñez.
- Fluorosis ósea:
 - Relacionada con la ingesta de agua con grandes concentraciones de fluoruro o con otras fuentes de fluoruro (por ejemplo: alimentos, aire, productos dentales).
 - La fluorosis incapacitante está relacionada con niveles de fluoruro aún mayores, y puede tener como consecuencia la osteoesclerosis, la calcificación de ligamentos y tendones y la deformación ósea extrema.
- Según diferentes estudios, la exposición de las madres al fluoruro del agua potable no aumenta el riesgo de aborto espontáneo o la aparición de malformaciones congénitas.

Guías para la calidad del agua potable

Referencia: Organización Mundial de la Salud (2006). Capítulo 12 Hojas informativas sobre sustancias químicas, Guías para la calidad del agua potable.

Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/index.html

- Las sustancias químicas presentes en el agua que generan mayor preocupación para la salud son el exceso de fluoruro, los nitritos/nitratos y el arsénico.
- No hay diferencia en la absorción entre el fluoruro natural o añadido al agua potable.

- El fluoruro absorbido se distribuye rápidamente a lo largo del cuerpo, se aloja en dientes y huesos, y prácticamente no hay almacenamiento en los tejidos blandos. El fluoruro presente en dientes y huesos puede transportarse una vez finalizada o reducida la exposición al mismo. El fluoruro se excreta por vía urinaria, con las heces y a través del sudor.
- Las bajas concentraciones de fluoruro protegen a niños y adultos contra las caries.
- El valor de referencia para el fluoruro es 1,5 mg/L. La evidencia epidemiológica muestra que las concentraciones superiores a ese valor conllevan un aumento del riesgo de sufrir fluorosis dental, y concentraciones progresivamente mayores aumentan la posibilidad de aparición de la fluorosis ósea. El valor es mayor que el recomendado para la fluoración artificial de las fuentes de agua, que generalmente es de 0,5–1,0 mg/L.
- Al establecer estándares nacionales para el fluoruro o al evaluar las posibles consecuencias para la salud, resulta esencial considerar la ingesta de agua por parte de la población y el consumo de fluoruro proveniente de otras fuentes (por ejemplo, los alimentos, el aire y los productos dentales). En los casos en que el consumo de fluoruro proveniente de otras fuentes se acerque o supere los 6 mg/día, sería apropiado establecer estándares inferiores al valor de referencia.
- En zonas donde los niveles naturales de concentración de fluoruro en agua potable son altos, el valor de referencia podría ser difícil de alcanzar con las tecnologías de tratamiento disponibles, en algunos casos.

Mitigación integral de la fluorosis

Referencia: Sukumar, D. (2007). Mitigación integral de la fluorosis: Manual de orientación. Instituto Nacional de Investigación sobre Ingeniería Ambiental (NEERI, por sus siglas en inglés), UNICEF, Centro Regional de Medicina Investigativa para Tribus, Departamento de Salud Pública, India.

Disponible en: <http://neeri.res.in/pdf/integrated.pdf>

En este manual se presenta un breve análisis de la contaminación por fluoruro, los enfoques existentes para la mitigación de la fluorosis y un enfoque exhaustivo sobre la Mitigación Integral de la Fluorosis (MIF). Los puntos más destacados incluyen:

- Aspecto nutricional:
 - En Chinoy et al. (2000) se indicó que la suplementación proteica tiene un efecto beneficioso al reducir la hepatotoxicidad por fluoruro, y es necesaria para la recuperación de la intoxicación por fluoruro.
 - Estudios comunitarios indican con firmeza que el nivel de calcio modifica el tipo de cambios en los huesos presentes en los casos de fluorosis (Krishnamachari et al., 1986 y Chakma et al., 2000).
 - Ensayos clínicos llevados a cabo mediante la suplementación terapéutica con micronutrientes en niños de Rajasthan afectados por la fluorosis también mostraron efectos beneficiosos para las deformaciones óseas (Gupta et al., 1994).
 - Desde Delhi se ha informado la posibilidad de revertir el daño celular causado por el fluoruro mediante la suplementación nutricional con calcio, vitamina C y antioxidantes.
 - Más del 90% de los individuos afectados por la fluorosis ósea severa, enfermedades óseas o deformaciones pertenecen al sector socioeconómico bajo, en el que la ingesta de calcio es escasa (Teotia et al., 1984).

- Un estudio realizado en China muestra una prevalencia de la fluorosis ósea en el 43,8% de los pacientes con nutrición normal y en el 69,2% de los pacientes con desnutrición, lo cual destaca el rol del aspecto nutricional (Liang et al., 1997).
 - El concepto de la Mitigación Integral de la Fluorosis (MIF):
 - Es necesario contar con un enfoque multidimensional, empezando por la correcta identificación del problema y sus causas.
 - Métodos científicos como la Evaluación Cuantitativa de Riesgo Químico (QCRA, por sus siglas en inglés) son utilizados para medir el impacto en la salud causado por la ingesta excesiva de fluoruro en relación con aspectos nutricionales.
 - El monitoreo sobre la calidad del agua y las encuestas, junto con los informes sobre síntomas de fluorosis dental u ósea, permiten la identificación de la contaminación por fluoruro. Estas medidas deberían ser acompañadas por una estrategia integral para la mitigación de la fluorosis que abarque soluciones para el manejo del agua, técnicas avanzadas para la desfluorización del agua y suplementación nutricional (se ha informado que el consumo de Chakoda Bhaji (*Cassia tora*), un vegetal muy rico en calcio que se encuentra comúnmente en zonas rurales, ha logrado revertir la fluorosis (Chakma et al., 2000)).
-

PARTE 3: TECNOLOGÍAS PARA LA ELIMINACIÓN DEL FLUORURO

CATEGORÍA 1 - ARTÍCULOS PUBLICADOS

Tecnología de desfluorización adecuada para uso en zonas fluoróticas de Tanzania

Referencia: Mjengera, H., y G. Mkongo (2003). Tecnología de desfluorización adecuada para uso en zonas fluoróticas de Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth* 28, No. 20-27: 1097–1104.

Disponible en: www.sciencedirect.com

En este estudio realizado en Tanzania se analizó el uso de carbón animal, el alumbre/cal y la combinación de ambas, tanto a nivel domiciliario como institucional. Se fabricaron hornos de distintos tamaños y se los puso a prueba con los métodos para producir carbón animal, y además se desarrollaron dispositivos para machacarlo y tamizarlo.

Los resultados muestran que las partículas de tamaño pequeño son más eficientes para remover el fluoruro, pero no se recomienda el uso de partículas de carbón animal demasiado pequeñas pues obstruyen los filtros con facilidad. Además, se encontró que las columnas de filtrado con huesos activados por calor eran más eficaces que los filtros tipo balde. El agua filtrada con carbón animal tuvo una concentración residual de fluoruro inferior a 0,1 mg/L, partiendo de una concentración inicial de 12,0 mg/L. En cuanto al uso del alumbre y cal para la remoción de fluoruro, se desarrolló y evaluó una planta con dosificación automática de sustancias químicas y sistema de mezclado, para uso a nivel institucional. El agua obtenida tuvo una concentración de fluoruro de 2-3 mg/L, partiendo de una concentración inicial de 12 mg/L.

En este documento también se brinda una explicación detallada sobre cómo preparar el carbón animal para el filtrado.

Desfluorización de agua con pH elevado mediante el uso de brushita, hidróxido de calcio y carbón animal

Referencia: Larsen, M. J., Pearce, E. I. F. y S. J. Jensen (1993) Desfluorización de agua con pH elevado mediante el uso de brushita, hidróxido de calcio y carbón animal.

Journal of Dental Research 72, No. 11 (1993): 1519–1525

Disponible en: <http://jdr.sagepub.com/cgi/content/abstract/72/11/1519>

En este estudio, se analiza la mejora en la eficiencia del método de desfluorización con carbón animal mediante el tratamiento previo del agua con brushita e hidróxido de calcio. Se colocaron diferentes cantidades de brushita, hidróxido de calcio y carbón animal en lotes (100 ml) de agua destilada con 0,53 mmol/L de fluoruro durante 24 horas. Se determinaron el pH, las concentraciones de fluoruro, calcio, fosfato y los niveles de saturación con respecto a la brushita, la hidroxiapatita y la fluorapatita.

La utilización de carbón animal solo hizo que la adsorción del fluoruro fuera lenta e ineficiente. La adición de brushita e hidróxido de calcio tuvo como consecuencia concentraciones elevadas de calcio y fosfato, lo cual hizo que las soluciones estuvieran

altamente supersaturadas con respecto a la fluorapatita y llevó a un aumento de 20 veces de la eliminación de fluoruro del agua. El uso conjunto de las tres sales dejó bajas concentraciones de fosfato en solución y optimizó la capacidad de adsorción de fluoruro. El uso repetido del mismo carbón animal durante 18 veces consecutivas probó que el carbón animal mejora la adsorción de fluoruro con el uso repetido, siempre y cuando se agreguen brushita e hidróxido de calcio. Por lo tanto, la adición de las dos sales al agua podría prolongar indefinidamente la vida útil del carbón animal, asegurar la eliminación del fluoruro y, así, evitar el problema de tener que determinar el punto de inutilización del carbón animal.

En conclusión, la técnica de desfluorización mediante el uso de carbón animal puede mejorarse añadiendo brushita e hidróxido de calcio al agua.

Fluoruro en agua potable

Referencia: Fawell, J., Bailey, K., Chilton, J., Dahi, E., Fewtrell, L. y Y. Magara (2006). Fluoruro en agua potable: Capítulo 5 Eliminación del exceso de fluoruro. IWA Publishing, en nombre de la Organización Mundial de la Salud.

Disponible en:

www.who.int/water_sanitation_health/publications/fluoride_drinking_water/en/index.html

En el capítulo 5 se presenta una descripción exhaustiva de las distintas tecnologías para el tratamiento del agua a nivel domiciliario utilizadas para la eliminación de fluoruro. Se muestra un diagrama de flujo que ayuda a llevar a cabo las acciones apropiadas en relación con las concentraciones elevadas de fluoruro en fuentes de agua, y se explica que “como primera opción, debería investigarse la provisión de agua segura y pobre en fluoruro proveniente de fuentes alternativas”. Sin embargo, se describen las cinco tecnologías principales para el tratamiento del agua a nivel domiciliario utilizadas para la eliminación de fluoruro:

- **Carbón animal:** de coloración negruzca, poroso, granular. Sus principales componentes son el fosfato de calcio (57-80%), el carbonato de calcio (6-10%) y el carbón activado (7-10%). Los tres tipos más comunes de filtros domésticos de carbón animal son: el filtro de tambor, el filtro de doble balde y la columna de filtrado. El carbón animal puede regenerarse al permitir el equilibrio iónico con una solución de 1% de hidróxido de sodio y lavando o neutralizando la soda cáustica excedente (AWWA, 1971). La utilización de carbón animal puede ser de difícil aceptación en algunas comunidades a causa de sus costumbres y creencias.
- **Precipitación por contacto:** Se elimina el fluoruro mediante la adición de compuestos de calcio y fosfato y la entrada en contacto con un medio ya saturado con carbón animal.
- **Técnica Nalgonda:** coagulación, floculación y sedimentación basada en la adición de sulfato de aluminio. Se disuelve y adiciona el sulfato de aluminio al agua agitando lo suficiente para asegurar una mezcla inicial completa. Se puede decantar, y posteriormente es necesario filtrar para asegurarse de que el agua tratada no contenga ninguna partícula de fango tóxico. Los fangos deberán desecharse adecuadamente.
- **Alúmina activada:** los granos de óxido de aluminio (Al_2O_3) están diseñados para tener una superficie absorbente. Cuando el agua atraviesa una columna de relleno de alúmina activada, la superficie de los granos absorbe los contaminantes y otros componentes. Se recomienda evitar una saturación total del medio. Puede

regenerarse mediante la exposición a un 4% de soda cáustica (NaOH) por lote o mediante el flujo a través de la columna. El proceso produce agua residual cáustica contaminada con fluoruro que es necesario desechar adecuadamente.

- **Arcilla:** es un material sedimentario de la tierra compuesto principalmente por pequeñas partículas de silicatos de aluminio hidratado y otros materiales e impurezas. Tanto el polvo de arcilla como la arcilla cocida son capaces de absorber el fluoruro y otros contaminantes del agua.

Se proporcionan más detalles sobre la configuración técnica, los criterios de diseño y el tratamiento de los deshechos (cuando es necesario).

En la última parte de este capítulo, se brinda una explicación detallada sobre la evaluación y la selección de las diferentes tecnologías de tratamiento.

Estudios sobre la eliminación de fluoruro mediante la utilización de materiales naturales: Nota técnica

Referencia: Chidambaram S., Ramanathan, A. L. y S. Vasudevan (2004). Estudios sobre la eliminación de fluoruro mediante la utilización de materiales naturales: Nota técnica. Water SA 29, No. 3: 339.

Disponible en: www.wrc.org.za/archives/watersa%20archive/2003/july/14.pdf

En este estudio, se analizó la eficiencia de los materiales naturales para la eliminación del fluoruro. Los materiales analizados fueron: tierra roja, carbón vegetal, ladrillo, ceniza volante y serpentina. Se colocó cada material en una columna de filtrado y se analizaron las capacidades de desfluorización de los materiales en relación al tiempo. Por cada columna se pasaron 10 mg/L de fluoruro y se evaluó la variación en la eliminación de fluoruro para una velocidad de flujo conocida. Se analizó el índice de eliminación de fluoruro utilizando 25 g del material recolectado en distintos frascos. No se realizó ningún tratamiento previo a los materiales y los tamaños de las partículas tomadas eran de 2,5φ fracción de malla. Durante las pruebas preliminares, se encontró que la velocidad de flujo de 1,5 ml/min era satisfactoria. Los resultados son los siguientes:

- El carbón vegetal sin tratamiento no parece tener efecto alguno con el paso del tiempo sobre las concentraciones de fluoruro, y absorbe 0,5 mg/L de fluoruro.
- Por lo general, el ladrillo y la ceniza volante presentan una eliminación repentina del fluoruro, de 10 mg/L a 5 mg/L; dicha reducción tiene lugar dentro de los 30 minutos.
- La tierra roja adsorbe 9 mg/L de fluoruro inmediatamente después de transcurridos 15 minutos. Pasados 30 minutos el fluoruro disminuye de 1,0 a 0,1 mg/L y continúa disminuyendo con el tiempo hasta 0,02 mg/L, luego de 90 a 120 minutos.
- En el caso de la serpentina, la eliminación de fluoruro alcanza su punto máximo entre los 0 a 15 minutos, es decir 3,7 mg/L.
- La tierra roja tiene buena capacidad de remoción porque contiene óxidos del hierro y del aluminio que son buenos para eliminar el fluoruro, pero necesita regenerarse después de 15 minutos.

Niveles de fluoruro en aguas subterráneas de pueblos del sur de Malawi y estudios sobre la eliminación mediante el uso de bauxita

Referencia: Sajidu, S. M. I., Masamba, W. R. L., Thole, B. y J.F. Mwatseteza, J. F. (2008). Niveles de fluoruro en aguas subterráneas de pueblos del sur de Malawi y

estudios sobre la eliminación mediante el uso de bauxita. International Journal of Physical Sciences Vol. 3 (1), pp. 001-011.

Disponible en:

www.academicjournals.org/IJPS/PDF/Pdf2008/Jan/Sajidu%20et%20al.pdf

En este artículo de investigación se presentan los resultados sobre los niveles de fluoruro en algunas fuentes de áreas seleccionadas del sur de Malawi y la capacidad de la bauxita, disponible a nivel local, para la desfluorización del agua a escala de laboratorio. La caracterización por difracción de rayos X por el método de polvo de bauxita en bruto mostró a la gibbsita y la caolinita como sus principales componentes. Se redujo a la bauxita a polvo y se calcinó en un horno de mufla a 200, 300, 400 y 500°C, para obtener distintas fases de bauxita y determinar la fase con la mayor capacidad de desfluorización. Se mantuvieron las muestras a cada temperatura de reacción durante dos horas y se las enfrió rápidamente a temperatura ambiente. La determinación de las capacidades de desfluorización se llevó a cabo mezclando 200 ml de solución de fluoruro de 8 mg/L con 2,5 g de material desfluorurizante (bauxita o una fase calcinada de bauxita) y agitando durante 30 minutos. Se monitoreó la concentración de fluoruro en solución cada una hora durante 12 horas.

Los resultados muestran que las calcinaciones no son necesarias y que la bauxita en bruto tiene una capacidad de absorción de 93,8% a una dosis de 2,5 g/200ml de 8 mg/L de solución F⁻. Sin embargo, la bauxita tiñó el agua de un color amarronado, poco atractivo para el consumo. El color podría clarificarse fácilmente utilizando carbón activado o polvo de la semilla *Moringa oleifera*.

Desfluorización de bajo costo mediante el uso de ladrillos partidos

Referencia: Wijesundara T. (2004). Desfluorización de bajo costo mediante el uso de ladrillos partidos. 30^{ma} Conferencia Intenacional del WEDC.

El consejo nacional encargado de los asuntos hídricos y de alcantarillado de Sri Lanka desarrolló un sistema de uso domiciliario de bajo costo para eliminar el fluoruro del agua potable y así evitar la fluorosis endémica. Se utilizaron piezas partidas de ladrillos recién fabricados como medio de filtrado. Se tomó en cuenta un modelo cinético para la adsorción de fluoruro con ladrillos partidos y se estimaron los parámetros utilizando datos experimentales. Los datos sobre la adsorción de fluoruro de los ladrillos partidos se obtuvieron a partir de agua por lotes en el desfluorizador. Se concluye que los ladrillos partidos podrían usarse como medio de filtrado para concentraciones de fluoruro de alrededor de 2mg/L.

Nomograma de desfluorización de agua por lotes mediante el uso de hueso de pescado carbonizado

Referencia: Bhargava D.S. (2000). Nomograma de desfluorización de agua por lotes mediante el uso de ceniza de hueso de pescado. Tercer taller internacional sobre prevención de la fluorosis y desfluorización del agua, Sesión 1 Epidemiología: 69. Disponible en: www.de-fluoride.net/3rdproceedings/73-79.pdf

Se construye un nomograma basado en los datos bibliográficos de estudios de laboratorio sobre desfluorización de agua por lotes mediante el uso de hueso de

pescado carbonizado. La conclusión es que la capacidad de remoción se encuentra entre 0,05 y 0,65 mg/g. Es posible utilizar el nomograma para estimar la dosis de ceniza de hueso de pescado y el tiempo requerido para desfluorizar agua que contenga hasta 30 mg/L hasta niveles aceptables de 1,5 mg/L.

Estudio de sorción para la desfluorización mediante carbón animal

Referencia: Watanesk S. y R. Watanesk (2000). Estudio de sorción para la desfluorización mediante carbón animal. Tercer taller internacional sobre prevención de la fluorosis y desfluorización del agua, Sesión 1 Epidemiología: 80.

Disponible en: www.de-fluoride.net/3rdproceedings/84-88.pdf

Este artículo de investigación es un estudio sobre la sorción de fluoruro por parte del carbón animal para desfluorización. Fue realizado en experimentos de laboratorio por lote. Entre los resultados se incluye:

- La isoterma de sorción, en rangos de baja concentración de fluoruro, tendió a ser momentáneamente del tipo sorción.
- Con el aumento de temperatura, la sorción de fluoruro no se incrementó significativamente.
- Es posible reducir el nivel de fluoruro mediante un único tratamiento de equilibrio por lote, con una eficiencia de alrededor de 65% luego de equilibrar el agua con 0,100 g de carbón animal a pH 7 durante 9 horas (a partir de muestras de agua que contenían entre 10 y 13 mg/L de fluoruro).

Tecnologías para la eliminación del fluoruro

Referencia: Lyengar L. (2002). Tecnologías para la eliminación del fluoruro. Fuentes de agua en pequeñas comunidades: tecnología, población y trabajo conjunto, Artículo Técnico No. 40, Capítulo 22.

Disponible en: www.irc.nl/page/1917

En este documento se presentan las distintas tecnologías para la eliminación del fluoruro. Se clasifican los métodos de desfluorización según los principales mecanismos utilizados para la remoción:

- Métodos con aditivos químicos: Técnica Nalgonda.
- Métodos de precipitación por contacto: carbón animal saturado.
- Métodos de adsorción/intercambio de iones: carbón animal, alúmina activada, arcilla calcinada.

Desarrollo de filtros a base de carbón animal para la eliminación del fluoruro en el agua potable

Referencia: Korir H., Mueller, K., Korir, L., Kubai, J., Wanja, E., Wanjiku, N., Waweru, J., Mattle, M.J., Osterwatder, L. y C.A. Johnson (2009). Desarrollo de filtros a base de carbón animal para la eliminación del fluoruro en el agua potable. 34^{ta} Conferencia Internacional del WEDC, Addis Ababa, Etiopía.

Disponible en: Versión online aún no disponible (Octubre 2009)

En este documento se explica que el filtrado por carbón animal es un método muy eficiente para remover el fluoruro del agua potable, pero que su vida útil es limitada. Se presentan resultados de laboratorio y estudios de campo sobre una nueva tecnología para la eliminación del fluoruro, basada en una combinación de carbón animal y pellets de fosfato de calcio para extender la vida útil del medio. Los pellets liberan poco a poco en el agua las sustancias químicas necesarias para la precipitación del fluoruro y no es necesario ningún otro tipo de mantenimiento.

Experimentación: Se llenaron columnas de PVC con 260 ml de material para filtrado (220g, 1-4 mm). Los pellets (2-6,3 mm) se utilizaron para la precipitación por contacto con una relación de 3:1. Se usó agua destilada enriquecida con 6 mg/L de fluoruro y agua de red proveniente de una fuente subterránea de Kenia, con 6,2 mg/L de fluoruro.

Resultados: La eficiencia en la remoción del fluoruro fue muy alta para todas las columnas en un principio (98%). A medida que los filtros se saturaron, las concentraciones de fluoruro aumentaron. Los pellets pueden mejorar el desempeño de los filtros y la vida útil de los mismos se prolonga 6 veces en los casos de aguas subterráneas sintéticas y 3 veces para el agua subterránea de Kenia.

Uso de arcilla activada para la desfluorización del agua

Referencia: Bjorvatn K. y A. Bardsen (1995). Uso de arcilla activada para la desfluorización del agua. Ngurdoto, Tanzania.

Disponible en: www.de-fluoride.net/1stProceedTotPDF.pdf#page=51

El objetivo de esta investigación es demostrar la desfluorización del agua mediante el uso de arcilla roja laterítica de Camerún, al oeste de África. El estudio presenta datos obtenidos a través del uso de tierra roja (arcilla laterítica), calcinada a 570 °C durante tres horas. Se expuso el agua con fluoruro en concentraciones de 5,50-7,75 mg/L a 12, 30 y 130 mg/L (soluciones de NaF) a laterítica calcinada, en proporción m/v de 1:10. Se tomaron para un posterior análisis muestras de agua transcurridas 1, 2, 4, 12, 48, 72 horas y después de una semana. Se observó una reducción rápida de la concentración de fluoruro en el agua durante las primeras horas. A las 48 horas, en la mayoría de los casos, se alcanzaba un estado de equilibrio.

Con un tipo de arcilla, la concentración de fluoruro se redujo de 5,47 a 0,48 mg/L en dos horas, de 12,2 a 0,26 mg/L en 12 horas y de 31,2 a 0,76 mg/L en 24 horas. Transcurrida una semana, el agua con 132 mg/L redujo su concentración de fluoruro a 4,58 mg/L.

CATEGORÍA 2 – ARTÍCULOS NO PUBLICADOS**Adaptación del filtro de bioarena para la eliminación de fluoruro: una investigación sobre medios alternativos de filtrado**

Referencia: Hillman, A. (2007). Adaptación del filtro de bioarena para la eliminación de fluoruro: una investigación sobre medios alternativos de filtrado. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Cranfield, Reino Unido.

Disponible en:

https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/1826/2183/1/HILLMAN_WM_MSC_THESIS.pdf

El objetivo de esta tesis era investigar la posibilidad de modificar el filtro de bioarena para lograr tanto la remoción del fluoruro como la eliminación de los contaminantes biológicos. El carbón animal, la arcilla laterítica horneada y los ladrillos de arcilla laterítica se presentaban como materiales promisorios para la adsorción del fluoruro, como alternativa a la arena. Fueron analizados en un laboratorio del Reino Unido para determinar la capacidad de eliminación de fluoruro bajo las condiciones requeridas para el filtrado por bioarena, y la capacidad de soportar la biocapa del filtro. Durante este estudio, también se investigó la producción doméstica de carbón animal y las preferencias de una comunidad pequeña en cuanto al método a utilizar, ya sea la filtración por carbón animal o la técnica Nalgonda.

Los resultados del proceso de filtración mostraron que los materiales alternativos se agotaban con rapidez y, por lo tanto, reponerlos conllevaría interrumpir frecuentemente la filtración de contaminantes biológicos del filtro de bioarena. Dada la dificultad de localizar y preparar el material alternativo, la rapidez con la que pierde su vida útil y las preferencias de la comunidad por la técnica Nalgonda, la principal recomendación es que la remoción de fluoruro debería separarse del proceso de filtrado con bioarena, y realizarse preferentemente con la técnica Nalgonda (para concentraciones de fluoruro inferiores a 10 mg/L).

Desfluorización del agua mediante el uso de semillas de *Moringa oleifera* y sales inorgánicas

Referencia: Goswami, Lakshyeswar (2004). Desfluorización del agua mediante el uso de semillas de *Moringa oleifera* y sales inorgánicas. Instituto de Tecnología de la India, Bombay.

Resumen disponible en:

<http://www.library.iitb.ac.in/~mnj/gsdll/cgi-bin/library?e=d-00000-00---0MTECH--00-1--0-10-0---0---0prompt-10---4-----0-0l--11-en-50---20-about---00-3-1-00-0011-1-0utfZz-8-10&cl=CL2&d=HASH7e8b0a6dcbd2463d7a18b1&x=1>

En este estudio, se evalúa la eficacia del polielectrolito natural extraído de las semillas de *Moringa oleifera* mediante dos métodos distintos; MOE y MOE-sc. El mayor nivel de eliminación obtenido es 16,01% con el programa MOE, para una muestra con una concentración inicial de 5,28 mg/L. Para MOE-sc, la eficiencia de remoción es de 23,08% en una muestra con una concentración inicial de fluoruro de 3,50 mg/L. El uso de MOE como ayudante para la coagulación junto con otras sales no ha mostrado prácticamente ninguna mejora en el proceso de desfluorización. En el estudio se han incluido algunas sales inorgánicas. Después de ajustar el pH inicial, el cloruro férrico (FeCl₃) mostró una eficiencia de remoción de 47,79% en la reducción de la

concentración inicial de fluoruro de 2,15 a 1,12 mg/L para una dosis de 200 mg/L de FeCl_3 .

CATEGORÍA 3 – INFORMES Y OTROS

Experiencias de la Diócesis Católica de Nakuru (DCN) sobre la producción de carbón animal

Referencia: Diócesis Católica de Nakuru, Water Quality y K. Müller (2007). Experiencias de la Diócesis Católica de Nakuru (DCN) sobre la producción de carbón animal.

Diócesis Católica de Nakuru, Water Quality (CDC WQ, por sus siglas en inglés) y el Instituto Federal Suizo de la Ciencia y Tecnología del Agua (Eawag, por sus siglas en alemán).

Disponible en:

www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sandec/publikationen/publications_ws/downloads_ws/fluoride_charring.pdf

Este documento es un informe elaborado por la Diócesis Católica de Nakuru, Kenia, en el cual se brinda información detallada sobre las especificaciones del carbón animal y los pasos para producirlo y utilizarlo en un filtro de desfluorización. El carbón animal es un material eficiente para la remoción del fluoruro sólo si es de buena calidad. A menos que el proceso sea el adecuado, podría obtenerse un producto con mala capacidad de desfluorización o que deteriore la calidad del agua.

Se ha comprobado que el color del carbón animal es un buen indicador de su capacidad de remoción de fluoruro:

- Color gris-amarronado: proporciona el nivel más alto de remoción
- Color negro: el carbón todavía tiene impurezas orgánicas, que causan olor y dan color
- Color blanco: capacidad de eliminación de fluoruro reducida

En el documento también se explican los siguientes pasos para la producción de carbón animal:

- Carbonización
- Triturado y tamizado
- Lavado
- Secado

Además, se explica cómo regenerar el carbón animal saturado.

Experiencias de la Diócesis Católica de Nakuru (DCN) sobre desfluorización a escala comunitaria

Referencia: Diócesis Católica de Nakuru, Water Quality y K. Müller (2007). Experiencias de la Diócesis Católica de Nakuru (DCN) sobre desfluorización a escala comunitaria.

Diócesis Católica de Nakuru, Water Quality (CDC WQ, por sus siglas en inglés) y el Instituto Federal Suizo de la Ciencia y Tecnología del Agua (Eawag, por sus siglas en alemán).

Disponible en: www.wrj.eawag.ch/publications/community

En este documento se plasma la experiencia de campo de la Diócesis Católica de Nakuru sobre desfluorización a escala comunitaria. Se presentan tres tipos de filtros

(filtros institucionales, comunitarios y filtros para obras hidráulicas) y se dan detalles sobre sus especificaciones técnicas, diseño y operación. Todos los filtros utilizan carbón animal como medio para la remoción de fluoruro. No requieren mantenimiento diario, pero es necesario regenerar el carbón animal.

Experiencias de la Diócesis Católica de Nakuru (DCN) sobre desfluorización a nivel domiciliario

Referencia: Diócesis Católica de Nakuru, Water Quality y K. Müller (2007). Experiencias de la Diócesis Católica de Nakuru (DCN) sobre desfluorización a nivel domiciliario.

Diócesis Católica de Nakuru, Water Quality (CDC WQ, por sus siglas en inglés) y el Instituto Federal Suizo de la Ciencia y Tecnología del Agua (Eawag, por sus siglas en alemán).

Disponible en: www.wrq.eawag.ch/publications/household

En este informe se describen dos tipos de filtros implementados por la Diócesis Católica de Nakuru en Kenia para remover el fluoruro utilizando carbón animal:

- **Balde de desfluorización:** Se llena un balde de 20 litros con 8,4 kg de carbón animal. Se coloca un grifo en la parte inferior luego de colocar una tubería de drenaje. Se coloca una tapa agujereada de concreto por encima del carbón vegetal para evitar que se altere el material del filtro al agregar agua sin tratar. Puede calcularse la vida útil estimada del medio de filtrado basándose en la concentración de fluoruro del agua sin tratar, el consumo de agua y la capacidad de adsorción del carbón animal (2 mg de fluoruro por gramo de carbón animal, según Albertus et al (2000)). Es necesario descartar las primeras tandas de agua tratada a causa de los niveles elevados de turbidez y coloración generada por el carbón. El nivel del agua en el balde nunca debería descender por debajo del nivel del carbón. Para garantizar una remoción eficiente del fluoruro, es necesario que el agua y el carbón estén en contacto durante 20 minutos.
- **Filtro combinado:** es la combinación de dos filtros que surge a partir de la necesidad de eliminar al mismo tiempo el fluoruro y los contaminantes microbiológicos. El balde superior destinado para el agua sin tratar tiene una pieza cerámica que contiene nitrato de plata y carbón activado. El agua fluye de arriba hacia abajo a través de un caño de PVC lleno de carbón animal, y de abajo hacia arriba a través de un balde interno que también tiene carbón animal (6 litros). El tiempo de contacto en el principio del proceso de filtrado es de aproximadamente 30 minutos (para agua sin tratar con 1 UNT).

En octubre de 2006, se analizó la eficiencia de 34 filtros domésticos provistos por la DCN. Los resultados fueron los siguientes:

- Promedio de 90%, fluctuando de 32% a 99%
 - 76% (19) de los filtros domésticos tuvieron una eficacia superior al 90%
 - 32% (8) de los filtros domésticos tuvieron una eficacia superior al 99%
-

Informe de situación anónimo

Referencia: Autor desconocido.

Disponible en: www.tickertape.net/position.htm

El autor pasó un año en la M. S. Swaminathan Research Foundation (MSSRF) de India estudiando la problemática del fluoruro en el agua potable y los métodos para desfluorizar el agua con productos naturales. El autor realiza comentarios interesantes sobre esos productos:

- Ninguno de los productos naturales analizados es una alternativa promisorio frente a los métodos de desfluorización química. La investigación arrojó dos posibles candidatos con capacidad de desfluorización significativa, pero ninguno parece adecuado para la desfluorización a nivel comunitario.
- Las primeras en ser analizadas fueron las semillas del árbol *Moringa oleifera*, muy común a lo largo de la India y África, de buen crecimiento en condiciones áridas. Las semillas funcionan como coagulante. Desde hace mucho tiempo, son un método tradicional para la purificación de agua turbia, tanto en la India como en África. Con anterioridad, un investigador del MSSRF había mostrado la gran eficacia de esas semillas para la desfluorización del agua, mucho mayor a la de la alúmina activada. Lamentablemente, dichos resultados fueron irreproducibles.
- Otro producto utilizado tradicionalmente para la purificación del agua son las raíces de la hierba vetiver (*Vetiveria zizanoides*). Se supone que el agua que se filtra a través de esas raíces tiene un sabor más dulce, probablemente en parte a causa del sabor dado por las raíces y por el descenso de los niveles de sales en el agua. Las raíces fueron eficaces para la desfluorización y eliminaron hasta un 70% del fluoruro presente en la muestra. La eficiencia fue mayor que con la alúmina activada, y el precio era similar. Desafortunadamente, los cálculos estimativos indican que una familia necesitaría sembrar grandes extensiones con vetiver para poder tener material suficiente para la desfluorización.

PARTE 4: RESUMEN DE PUBLICACIONES

Tabla 1: El fluoruro — Presencia y especificaciones químicas

País	Autor(es)	Organización(es)	Año	Categoría	Información clave
-	Fawell J. Kirtley J. Bailey K.	Organización Mundial de la Salud	2006	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> • El flúor es uno de los elementos químicos más reactivos; • Tiene una fuerte tendencia a adquirir carga negativa, y en solución forma iones F⁻ (fluoruro); • En las aguas subterráneas, puede haber altas o bajas concentraciones, dependiendo de la naturaleza de las rocas y de la presencia de minerales que contienen fluoruro; • Las otras fuentes de exposición al fluoruro son: el aire, los productos dentales, los alimentos y bebidas distintas al agua.
-	Qian S.J. et al.	UNICEF	1999	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> • En muchos países, se adiciona fluoruro al agua y productos como la pasta dental. • El fluoruro también está presente en los alimentos y en el aire, y por eso la cantidad ingerida puede ser mayor que la supuesta. • En aguas superficiales, la concentración de fluoruro es baja: de 0,01 ppm a 0,3 ppm. • Las concentraciones de fluoruro en aguas subterráneas pueden fluctuar entre niveles inferiores a 1 ppm hasta más de 35 ppm.
Kenia	Näslund J. Snell I.	Organización Mundial de la Salud	2005	Estudio no publicado	<ul style="list-style-type: none"> • Esta es la tesis de una Maestría en Ciencias llevada a cabo en los distritos de Nakuru y Baringo, en la provincia del Valle del Rift, en Kenia. • Proporciona información sobre las pruebas de concentración de fluoruro y el mapeo SIG, como también sobre las concentraciones de fluoruro en las aguas subterráneas de esta región de Kenia.

Tabla 2: El impacto del fluoruro en la salud

País	Autor(es)	Organización(es)	Año	Categoría	Información clave
Etiopía	Melaku Z. et al.	Tercer taller internacional sobre la prevención de la fluorosis y desfluorización del agua	2000	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una buena comprensión de las consecuencias del consumo de agua sin tratar. Al mismo tiempo hay una brecha en el conocimiento y conceptos erróneos sobre el fluoruro y sus consecuencias para la salud • Se recomienda proporcionar educación sanitaria a la comunidad afectada por el fluoruro, con incapié en las mujeres del segmento socioeconómico más bajo
-	Khandare A. L. Rao G.S. Lakshmaiah N.	European Journal of Clinical Nutrition	2002	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> • Se concluye que la ingesta de tamarindo probablemente ayude a retardar el avance de la fluorosis al potenciar la excreción del fluoruro por vía urinaria
-	Fawell J. Kirtley J. Bailey K.	Organización Mundial de la Salud	2006	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> • El margen entre los efectos beneficiosos del fluoruro y la aparición de la fluorosis dental es pequeño, y los programas de salud pública buscan mantener un equilibrio entre ambos (IPCS, 2002) • La fluorosis dental se manifiesta de forma poco visible, como un manchado marcado o corrosión dental en los casos más graves. Es causada por un nivel elevado de fluoruro en el esmalte en formación o junto a él (Whitford, 1997). • Fluorosis ósea: Relacionada con la ingesta de agua con grandes concentraciones de fluoruro o con otras fuentes de fluoruro (por ejemplo: alimentos, aire, productos dentales) • Fluorosis incapacitante: relacionada con niveles de fluoruro aún mayores. Posibles consecuencias: osteoesclerosis, la calcificación de ligamentos y tendones y la deformación ósea extrema.
-	Qian S.J. et al.	UNICEF	1999	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> • El fluoruro es un buen agente de prevención de caries si se consume en cantidades "óptimas". • En climas cálidos, la concentración óptima de fluoruro debería ser inferior a 1 mg/L, mientras que en climas más templados podría ascender hasta 1,2 mg/L. • La fluorosis es endémica en al menos 25 países del mundo. Se estima que afecta a 10 millones de personas.
-	Sukumar D.	UNICEF	2007	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios comunitarios indican que el nivel de calcio de las personas modifica el tipo de cambios en los huesos en los casos de fluorosis (Krishnamachari et al., 1986 y Chakma et al., 2000). • Más del 90% de los individuos afectados por la fluorosis ósea severa, enfermedades óseas o deformaciones pertenecen al sector socioeconómico bajo, en el que la ingesta de calcio es escasa (Teotia et al., 1984). • Estrategia para la Mitigación Integral de la Fluorosis (MIF)

Tabla 3: Tecnologías para la eliminación del fluoruro

País	Autor(es)	Organización(es)	Año	Categoría	Información clave
Tanzania	Mjengera, H. Mkongo G.	Physics and Chemistry of the Earth	2003	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> Se analizaron dos métodos a nivel domiciliario e institucional. El agua filtrada con carbón animal tuvo una concentración residual de fluoruro inferior a 0,1 mg/L, partiendo de una concentración inicial de 12,0 mg/L. En cuanto al uso de alumbre y cal para la remoción del fluoruro, se desarrolló y evaluó una planta con dosificación automática de sustancias químicas y sistema de mezclado, para uso a nivel institucional. El agua obtenida tuvo una concentración de fluoruro de 2-3 mg/L, partiendo de una concentración inicial de 12 mg/L.
-	Larsen M.J. Pearce E.I.S. Jensen J.	Journal of Dental Research	1993	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> Se colocaron diferentes cantidades de brushita, hidróxido de calcio y carbón animal en lotes (100 ml) de agua destilada con 0,53 mmol/L de fluoruro durante 24 horas. La utilización de carbón animal solo hizo que la absorción fuera lenta e ineficiente. La adición de brushita e hidróxido de calcio produjo concentraciones elevadas de calcio y fosfato, lo que hizo que las soluciones estuvieran altamente supersaturadas de fluorapatita y aumentó 20 veces de la eliminación de fluoruro del agua.
-	Fawell J. Kirtley J. Bailey K.	Organización Mundial de la Salud	2006	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> Descripción exhaustiva de las distintas tecnologías para el tratamiento del agua a nivel domiciliario utilizadas para la eliminación de fluoruro. Se muestra un diagrama de flujo que ayuda a llevar a cabo las acciones apropiadas en relación con las concentraciones elevadas de fluoruro en fuentes de agua, y se explica que “como primera opción, debería investigarse la provisión de agua segura y pobre en fluoruro proveniente de fuentes alternativas”.
-	Chidambaram S. Ramanathan A.L. Vasudevan S.	-	2004	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> El carbón vegetal sin tratamiento no parece tener efecto alguno con el paso del tiempo sobre las concentraciones de fluoruro, y adsorbe 0,5 mg/L de fluoruro. Por lo general, el ladrillo y la ceniza volante presentan una eliminación repentina del fluoruro, de 10 mg/L a 5 mg/L; dicha reducción tiene lugar dentro de los 30 minutos. La tierra roja adsorbe 9 mg/L de fluoruro inmediatamente después de transcurridos 15 minutos. Pasados 30 minutos el fluoruro disminuye de 1,0 a 0,1 mg/L y continúa disminuyendo con el tiempo hasta 0,02 mg/L, luego de 90 a 120 minutos. En el caso de la serpiente, la eliminación de fluoruro alcanza su

País	Autor(es)	Organización(es)	Año	Categoría	Información clave
					punto máximo entre los 0 a 15 minutos, es decir 3,7 mg/L. Después de 90 a 120 minutos, la capacidad de desfluorización aumenta a 5,8 mg/L, de forma gradual.
Malawi	Sajidu et al	International Journal of Physical Sciences	2008	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> Los resultados muestran que la bauxita en bruto tiene una capacidad de absorción de 93,8% a una dosis de 2,5 g/200ml de 8 mg/L de solución F⁻. Sin embargo, la bauxita tiñó el agua de un color amarillado, poco atractivo para el consumo. El color podría clarificarse fácilmente utilizando carbón activado o polvo de la semilla <i>Moringa oleifera</i>.
Sri Lanka	Wijesundara T.	30ma Conferencia Internacional del WEDC	2004	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> Se utilizaron piezas partidas de ladrillos recién fabricados como medio de filtrado. Se estimó la capacidad parámetro en 0.10 mg/g y parámetro de velocidad de reacción que es una función de concentración inicial fluctuó entre 0,001 y 0,0005 L/ (mg.ho.5) para bajas y altas concentraciones iniciales. Ladrillos partidos podrían usarse como medio de filtrado para concentraciones de fluoruro de alrededor de 2mg/L en aguas sin tratamiento.
-	Bhargava D.S.	Tercer taller internacional sobre la prevención de la fluorosis y desfluorización del agua	2000	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> Es posible utilizar el nomograma para estimar la dosis de ceniza de hueso de pescado y el tiempo requerido para desfluorizar agua que contenga hasta 30 mg/L hasta niveles aceptables de 1,5 mg/L.
-	Watanesk S. Watanesk R.	Tercer taller internacional sobre la prevención de la fluorosis y desfluorización del agua	2000	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> Con el aumento de temperatura, la sorción de fluoruro no se incrementó significativamente. Es posible reducir el nivel de fluoruro mediante un único tratamiento de equilibrio por lote, con una eficiencia de alrededor de 65% luego de equilibrar el agua con 0,100 g de carbón animal a pH 7 durante 9 horas (a partir de muestras de agua que contienen entre 10 y 13 mg/L de fluoruro)
-	Lyengar L.	-	2002	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> Presentación de distintas tecnologías existentes para la remoción de fluoruro. Categorización de los métodos de desfluorización según los principales mecanismos de remoción.
Etiopía	Korir H. Mueller K. Korir L. Kubai J.W Wanja E. Wanjiku E.	34ta Conferencia Internacional del WEDC, Aís Abeba, Etiopía	2009	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> La eficiencia en la remoción del fluoruro fue muy alta para todas las columnas en un principio (98%). A medida que los filtros se saturaron, las concentraciones de fluoruro aumentaron. Los pellets pueden mejorar el desempeño de los filtros y la vida útil de los mismos se prolonga 6 veces en los casos de aguas subterráneas sintéticas y 3 veces para el agua subterránea de

País	Autor(es)	Organización(es)	Año	Categoría	Información clave
	Waweru J. Mattle M.J. Osterwatder L. Johnson C.A.				Kenia.
Tanzania, Camerún	Bjorvatn K. Bardsen A.	-	1995	Estudio publicado	<ul style="list-style-type: none"> El objetivo de esta investigación es demostrar la desfluorización del agua mediante el uso de tierra roja laterítica de Camerún, al oeste de África
Etiopía	Hillman A.	Cranfield University	2007	Estudio no publicado	<ul style="list-style-type: none"> La remoción de fluoruro debería separarse del proceso de filtrado con bioarena, y realizarse preferentemente con la técnica Nalgonda (para concentraciones de fluoruro inferiores a 10 mg/L).
India	Goswami Lakshyeswar	Instituto de Tecnología de la India	2004	Estudio no publicado	<ul style="list-style-type: none"> En este estudio, se evalúa la eficacia del polielectrolito natural extraído de las semillas de <i>Moringa oleifera</i> mediante dos métodos distintos. El mayor nivel de eliminación obtenido es 16,01%. Después de ajustar el pH inicial, el cloruro férrico (FeCl₃) mostró una eficiencia de remoción de 47,79% en la reducción de la concentración inicial de fluoruro de 2,15 a 1,12 mg/L para una dosis de 200 mg/L de FeCl₃.
Kenia	Müller K.	Diócesis Católica de Nakuru	2007	Informes y otros	<ul style="list-style-type: none"> Este documento es un informe elaborado por la Diócesis Católica de Nakuru, Kenia, en el cual se brinda información detallada sobre las especificaciones del carbón animal y los pasos para producirlo y utilizarlo en un filtro de desfluorización.
Kenia	Müller K.	Diócesis Católica de Nakuru	2007	Informes y otros	<ul style="list-style-type: none"> Experiencia de campo de la Diócesis Católica de Nakuru sobre desfluorización a escala comunitaria. Se presentan tres tipos de filtros (filtros institucionales, comunitarios y filtros para obras hidráulicas) y se dan detalles sobre sus especificaciones técnicas, diseño y operación.
Kenia	Müller K.	Diócesis Católica de Nakuru	2006	Informes y otros	<p>En octubre de 2006, se analizó la eficiencia de 34 filtros hogareños provistos por la DCN. Los resultados fueron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Promedio 90%, fluctuando de 32% a 99% 76% (19) de los filtros hogareños tuvieron una eficacia superior al 90% 32% (8) de los filtros hogareños tuvieron una eficacia superior al 99%
-	Autor desconocido	-	-	Informes y otros	<ul style="list-style-type: none"> Ninguno de los productos naturales analizados es una alternativa promisoría frente a los métodos de desfluorización química. La investigación arrojó dos posibles candidatos con capacidad de desfluorización significativa, pero ninguno parece adecuado para la desfluorización a nivel comunitario.