

Presentado a la Comunidad Jubuliee House
21 de Diciembre, 2001
Orden de adquisición USAID Numero:
524-0-00-01-00014-5362

Investigación del filtro de barro impregnado con plata coloidal promovido por Ceramistas Por La Paz.

Reporte 1: Efectividad intrínseca

Daniele S. Lantagne
Alethia Ambiental
29 Seattle Street
Allston, MA 02134
617.549.1586
daniele@alethia.cc

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	6
1.1 EL HURACÁN MITCH, USAID Y EL CACEDRF.....	6
1.2 ABASTECIMIENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO EN NICARAGUA.....	8
2 EL FILTRO PROMOVIDO POR CPP.....	11
2.1 Diseño inicial del filtro.....	11
2.2 Implementación del filtro promovido por Ceramistas Por La Paz (CPP).....	12
2.3 CEAMISTAS POR LA PAZ.....	13
2.4 LA FABRICA DE LOS FILTROS PROMOVIDOS POR CPP.....	14
3. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA.....	16
1.3 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA.....	16
4. LA PLATA COLOIDAL COMO DESINFECTANTE.....	21
4.1 ESTÁNDARES DE LA SALUD HUMANA DE LA PLATA Y REGULACIONES.....	22
4.2 PLATA EN CERÁMICA.....	25
4.3 MECANISMOS DE ACCIÓN DE LA PLATA.....	25
4.4. PLATA EN LA MEDICINA.....	30
4.5. PLATA EN EL FILTRO PROMOVIDO POR CPP-RESUMEN (NO INCLUIDO EN EL REPORTE 2).....	31
5. INVESTIGACIÓN DE LA FILTRACIÓN.....	32
5.1. MECANISMOS DE FILTRACIÓN A TRAVÉS DE FILTRO PROMOVIDO POR CPP.....	32
1.2 CAMBIOS EN LA TASA DE FILTRACIÓN EN EL TRANCURSO DEL TIEMPO.....	43
5.3 AGUA DESPUÉS DE FILTRACIÓN CON DIFERENTES TASAS DE FILTRACIÓN.....	46
5.4 CONCLUSIONES SOBRE LA TASA DE FILTRACIÓN Y RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES.....	51
6 INVESTIGACIONES SOBRE LA PLATA COLOIDAL.....	52
6.1 INVESTIGACIÓN DEL MÉTODO DE APLICACIÓN.....	52
6.2 CALIDAD DEL AGUA DESPUÉS DE LA FILTRACIÓN A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PLATA COLOIDAL.....	54
6.2 CONCLUSIONES SOBRE LA PLATA COLOIDAL Y RECOMENDACIONES PARA INVESTIGACIONES FUTURAS.....	56
7 INVESTIGACIONES DE PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS.....	57
7.1 INVESTIGACIÓN DE BACTERIAS NO INDICADORAS, ENCONTRADAS EN LAS “PLACAS”.....	57
7.2 ESTUDIOS FUERA DE NICARAGUA.....	57
7.3 ESTUDIOS DENTRO DE NICARAGUA: CIRA-UNAN.....	59
7.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO MICROBIOLÓGICO DE PRUEBA.....	64
8 ESTUDIO DE PRUEBA DE ARSÉNICO.....	65
9.1 ESTUDIOS DE PRUEBA DE PESTICIDAS.....	66
9.2 ESTUDIOS DE PRUEBAS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES.....	70
9.1 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO DE PESTICIDAS/COV. RECOMENDACIONES PARA PRÓXIMOS ESTUDIOS.....	
	74
10. ESTUDIO DE PRUEBA CON PROTOZOOS Y VIRUS.....	75

10.2	VIRUS	77
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
12	REFERENCIAS.....	81

1. Antecedentes del proyecto

1.1 El Huracán Mitch, USAID y el CACEDRF.

En octubre de 1998, el huracán Mitch devastó Centro América causando 3000 muertes tan solo en el territorio Nicaragüense (USAID 2001, 20001^a). Se estima que 18% de la población Nicaragüense fue afectada, y que los sistemas de servicio de agua y de aguas residuales de 804, 000 personas, sufrieron mas de 560, 0000, 0000 de dólares en daños. Los Estados Unidos proveyeron 22 millones de dólares en asistencia humanitaria y alimentación inmediata y 8 millones de dólares adicionales para empezar actividades de reconstrucción, para salud, agricultura, y micro financiamiento.

En mayo de 1999, el congreso de los Estados Unidos autorizó el envío de 621 millones de dólares en asistencia bajo The emergency supplemental appropriation act (acciones suplementarias de emergencia). (USAID, 2001). Este fondo fue autorizado para apoyar la reconstrucción en países afectados por los huracanes George y Mitch, y luego se autorizó su uso para el huracán Floyd y el huracán Lenny, también para el terremoto que ocurrió en junio de 1999. Dicho envío creo la instancia conocida como “fondos de cobertura de desastre en América Central y el Caribe” (CACEDRF).

La USAID es la agencia encargada de la administración de 586.8 millones de dólares de los 621 millones de dólares colocados bajo CACEDRF (USAID, 2001a.). Del total de los fondos, US 94, 1 millones fueron dispuestos para reactivación económica, salud pública, rehabilitación de los centros escolares, mitigación de desastres, y restauración municipal en Nicaragua. Para el 30 de Junio del año 2001, ya se había dado un progreso significativo en los proyectos relacionados con abastecimiento de agua y saneamiento. (Tabla 1-1)

Tabla 1-1: Éxitos de CACEDRF relacionados con el suministro de agua y saneamiento en Nicaragua.

Categoría	Éxito
Reactivación	57,000 hogares incorporaron prácticas ambientalmente sostenibles en sus fincas. Se dio protección a 8000 hectáreas de fincas.

Salud publica significativa	2,440 pozos fueron rehabilitados o construidos. 5,740 letrinas fueron construidas Fueron construidos 600 pozos sépticos. 175 pozos profundos fueron perforados en el área rural. 10,000 capacitadores ayudaron en para la mejora de las conductas relacionadas con la salud. 6 centros de salud fueron construidos.
Rehabilitación escolar	196 programas escolares para la rehabilitación de pozos y letrinas
Mitigación de desastres	Limpieza y estabilización de canales de arroyos Construcción de canales de drenaje
Restauración municipal	Proyectos de alcantarillado público con gobiernos locales. Control en la construcción de cubiertas de inundación de ríos.

Una meta adicional del programa de rehabilitación en Nicaragua contempla la investigación de los sistemas de filtración casero en el punto de uso (USAID, 2001 b). Con este fin, la USAID trabajó en la instalación de 40, 000 unidades de filtros de arena, bajo la supervisión de Maria Alejandra Bosche. La señora Bosche encontró que el seguimiento educacional era crítico para el correcto y continuo uso del sistema de filtración (Bosche, comunicación personal).

En segundo lugar, La USAID contrató a la comunidad Jubilee House(JHC) a fin de estudiar el sistema de filtración de agua promovido por la organización de Ceramistas Por la Paz (CPP). Jubilee House (JHC), es una comunidad intencionalmente cristiana, es una organización 501©3 en el norte de Carolina. Entre 1979-1994 miembros de la comunidad trabajaron en refugios para personas son hogar y mujeres victimas de violencia, así como en otros temas sociales y de justicia. En el año de 1994 la comunidad se mudó a Nicaragua y estableció el Centro Para el Desarrollo en centro América (CIDA), y empezó trabajando con las comunidades de Nicaragua. Después del huracán Mitch, JHC-CDCA empezó a trabajar en proyectos de reconstrucción en Nueva Vida, una comunidad cercana, conformada por personas desplazadas. La USAID proveyó fondos y suministro para la construcción de casas, centros de salud y letrinas (USAID, 2001 c). JHC junto a un grupo de voluntarios trabajó con la comunidad para proveer estas facilidades, adicional a un numero de otros proyectos. Uno de estos otros proyectos fue la promoción del sistema de filtración de agua promovido por Ceramistas Por La Paz a fin de proveer agua potable segura para las familias en Nueva Vida.

JHC a su vez se coordinó con Ceramistas Por La Paz “CPP”, para contratar a Daniele Lantagne, directora de **Alethia** ambiental y catedrática de Ingeniería Civil y Ambiental del Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT), a fin de completar el proyecto. El proyecto fue dividido sobre dos líneas, una dirigida a evaluar la efectividad intrínseca del filtro, y la otro dirigida al estudio del comportamiento del filtro bajo condiciones del campo. De manera especifica los reportes de estos estudios se dirigen de la siguiente manera.

Reporte 1: Efectividad intrínseca del filtro de barro promovido por CPP.

- Mejores prácticas para la aplicación de plata coloidal.
- Tasas de filtración esperadas con o sin plata coloidal.
- Tiempo de vida de cada aplicación de plata coloidal.
- Concentración de plata en el agua filtrada.
- Efectos de la ingestión de la plata.
- Inactivación de los microbios como efecto de la concentración de plata.
- Efecto de la plata en la remoción de los contaminantes comúnmente encontrados en el área de interés

El estudio fue finalizado el 21 de diciembre del 2001.

Reporte 2: Muestreo de campo de los filtros promovidos por Ceramistas Por La Paz.

- Discusión del desempeño del filtro bajo condiciones de campo.
- Comparación del desempeño del filtro con otros métodos de tratamientos comúnmente utilizados.

La fecha de conclusión de este estudio fue el 16 de noviembre del 2001.

Este primer reporte, Reporte 1, está dirigido sobre la efectividad intrínseca de los filtros promovidos por CPP. Los primeros cuatro capítulos de este reporte contiene lo mismo que contienen los primeros cuatro capítulos del reporte 2: Investigaciones de campo (Lantagne, 2001a). Estos capítulos proveen los antecedentes del proyecto, los de la organización de Ceramistas por La Paz, información de enfermedades transmitidas por el agua, y sobre la Plata Coloidal como desinfectante.

También en este reporte se detallan los resultados de los siguientes estudios: (1) estudios de la filtración, incluyendo las tasas de filtración, tamaño de los poros del filtro, longevidad del filtro; (2) estudios de la Plata Coloidal, incluyendo métodos de aplicación y concentraciones necesarias para la inactivación microbiológica y (3) estudios de prueba, incluyendo remoción de pesticidas, eficiencia en la remoción de COV, y eficiencia en la remoción de virus y protozoos. Se incluye, dentro de cada sección, una revisión de estudios previos, así como investigaciones dirigidas para este proyecto. El reporte 1 concluye con un resumen de resultados y recomendaciones.

1.2 Abastecimiento de agua y saneamiento en Nicaragua.

Nicaragua se encuentra ubicada en el centro del istmo Centroamericano y es el país más grande en la región, con un área superficial de 130,628 Km² (OPS, 1999). Nicaragua tiene tres diferentes regiones topográficas, el Pacífico, el Atlántico, y la región Central. El porcentaje más alto de la población vive en la costa del Pacífico y el porcentaje menor vive en la costa Atlántica. La recuperación de la devastación causada por el Huracán Mitch aun sigue en marcha. Aunque muchas carreteras y sistemas de agua han sido reparados o reemplazados, algunas áreas rurales del país no han logrado recuperar los niveles de infraestructura que tenían antes del desastre.

Pese a que la mayoría de la población que vive en las áreas urbanas cuenta con sistemas de agua segura y saneamiento, en las áreas rurales no ocurre lo mismo. A lo anterior y como un posible resultado de esto se adiciona el hecho de que tanto la mortalidad infantil como la mortalidad en menores de 5 años es alta. Mas de la mitad de la población vive en pobreza y la tasa de analfabetismo oscila cerca del 40%, aproximadamente.

Tabla 1-2: Indicadores de abastecimiento de agua y saneamiento en Nicaragua

	Banco mundial (1999)	OPS (2000)	OPS (1999)	UNICEF (2000)
Población (millones)	4.9	5.1	4.5	4.9
Población urbana (millones)	55.8		63.7	
PIB per capita	US\$ 410			US\$430
Acceso a agua segura	79%		37%	79%
Acceso a agua segura (urbano)	95%		93%	95%
Acceso a agua segura (rural)	59%		12%	59%
Acceso a saneamiento				84%
Acceso a saneamiento (urbano)	96%			96%
Access a saneamiento (rural)	68%			68%
Tasa de mortalidad en menores de 5 años (por 1,000 nacidos vivos)	43	55.8	66	
Mortalidad infantil (por 1,000 nacidos vivos)		45.2	47	
Mortalidad materna (por 100,000 nacidos vivos)		102	124	150
Expectativa de vida (años)			68.4	
Población en pobreza		50.3%	63%	
Tasa de alfabetismo-mujeres		69%	66%	
Tasa de alfabetismo-hombres		50.3%		

Un gran número de organizaciones internacionales y nacionales que se dedican a trabajar en temas de desarrollo, han trabajado en Nicaragua a fin de aumentar el acceso a agua segura y saneamiento. Muchos de los pozos instalados para el abastecimiento de agua son pozos de bomba de mecate Nicaragüenses. Estos constituye un apropiado diseño tecnológico en el cual se utiliza un mecate para extraer el agua subterránea a 6 metros (sandiford,1993). Estos sistemas son fáciles de utilizar, de bajo costo, de simple mantenimiento, y elaborado con piezas locales y accesibles. Adicionalmente, los pozos de bomba de mecate han demostrado un 62% de reducción en coliformes fecales en comparación con los pozos que

usan balde plástico. La organización “Bombas de Mecate”, comercializa los pozos en Nicaragua sin la necesidad de subsidios externos.

Anna Gorter, condujo una serie de estudios sobre la diarrea infantil en la Villa Carlos Fonseca, los cuales publicó en su libro Diarrea infantil y su prevención en Nicaragua (1995). Dicha autora, Investigó una serie de variables y como se relacionan estas con la diarrea, encontrando lo siguiente.

<u>VARIABLES QUE DISMINUYEN LA DIARREA INFANTIL</u>	<u>VARIABLES QUE AUMENTAN LA DIARREA INFANTIL</u>	<u>NO TIENEN RELACIÓN CON LA DIARREA INFANTIL</u>
Distancia a los abastecimientos de agua. Mayor nivel escolar de las madre. Lavado de manos. Aseo en el hogar Uso de pañales en niños	Aumento del numero de niños menores de 5 años	Dueños de las letrinas

Después de años de estudios, Gorter concluyó que:

“Hay interacción entre las intervenciones, y por lo tanto el efecto de una intervención en particular no dependerá solo en su propio merito, sino también en los de las otras intervenciones con las cuales interactúa. Los modelos teóricos sugieren que tales interacciones existen entre los suministros de agua, saneamiento e intervención en higiene. Los impactos en el mejoramiento en los suministros de agua e higiene son más grandes que la suma de los efectos de cada uno de ellos solos. Mas allá, si las interacciones son fuerte, el impacto a la salud por un mejoramiento en el suministro de agua, puede depender críticamente en si las condiciones de higiene son buenas o malas. Los estudios realizados en villa Sandino han venido a aclarar que solo la provisión del material no es suficiente para la reducción de la diarrea. La higiene personal, doméstica y especialmente comunitaria juega un rol crucial en la transmisión de los patógenos causantes de la diarrea”.

La conclusión de las investigaciones de Gorter saca a luz la necesidad de coordinar programas de abastecimiento de agua, tratamiento del agua y programas de educación en el orden de alcanzar mejoras más importantes en términos de salud humana.

2 El filtro promovido por CPP.

2.1 Diseño inicial del filtro.

En 1981 el Banco Interamericano financió un estudio comparativo diseñado para determinar cual de 10 filtros de tecnología apropiada, podría ser el mejor adaptado a los objetivos del proyecto, los cuales eran (ICAITI, 19994).

1. Producir un filtro domestico de capacidad auto sostenible.
2. En una manera auto sostenible
3. Cuya producción promoviese la actividad económica de bajos ingresos;
4. Y que promoviera la actividad artesanal.

ICAITI, que es un centro de investigación industrial en Guatemala apoyado por la organización de Estados Americanos, fue contratado para la concreción de la investigación y la selección del modelo. Fueron diez los modelos los que se evaluaron en base a la tasa de filtración, la eficiencia en la remoción bacteriológica, las facilidades en la manufactura, la accesibilidad de los materiales, el costo final, la contribución a la actividad artesanal, y las facilidades en la distribución. Todos los modelos, con excepción de dos, fueron descartados después de la revisión inicial, debido a que no cumplían con los criterios básicos. Los dos modelos no descartados fueron:

1. El filtro de barro torneado, con feldespatos, aserrín e impregnación de plata coloidal; y
2. El filtro de barro torneado, con arena, aserrín, e impregnación de plata coloidal.

En ninguno de los diez modelos investigados se utilizaba cloro como desinfectante.

La investigación posterior se concentró en los dos modelos que cumplían con los criterios básicos. Estas investigaciones, dirigidas por Fernando Mazariego, fueron extendidas por un periodo de 3 a 10 meses en el cual se realizaron análisis bacteriológicos. Los resultados del estudio incluyeron:

1. De 302 muestras filtradas que se analizaron, solo 6.3 por ciento tuvieron concentraciones menores a 1 coliforme por 100 ml de agua. El método utilizado para el análisis fue el método del Numero Más Probable.
2. Se determinó que cuando la aplicación de la plata coloidal se efectuaba con una brocha su distribución era mas uniforme en oposición al método de aplicación en el que filtraba agua con plata coloidal a través del elemento filtrante.
3. Se encontró contaminación frecuente tanto en el primer par de filtraciones (41% de contaminación) y después de levantar el filtro con la mano durante el muestreo. Lo anterior se atribuyó al levantamiento del filtro con la mano, por lo cual ICAITI recomendó que los usuarios evitaran tocar el elemento filtrante durante su vida útil. En correspondencia con las bacterias presentes en el ambiente “El uso del filtro debe acompañarse con prácticas de salud e higiene a fin de maximizar los beneficios potenciales en la salud”.
4. La tasa de filtración del filtro declinó gradualmente de 3.5 L por hora en el primer día a 1.97 L por hora en el día 365. El reporte no contiene información sobre turbiedad en el agua antes de la filtración.

5. ICAITI recomendó la no-utilización del filtro con agua clorada. Aunque no dio ninguna razón en este respecto.

Basándose en estos resultados el ICAITI concluyó que el filtro de barro impregnado con plata coloidal era el único que llenaba todos los criterios establecidos para el estudio. Fue entonces, que Las Naciones Unidas, incluyeron este filtro en su manual fuente de tecnologías apropiadas. ICAITI finalizó este estudio con la producción del “Manual para la fabricación de los filtros artesanales de agua potable”

2.2 Implementación del filtro promovido por Ceramistas Por La Paz (CPP).

Después de la visita de Fernando Mazariegos, MAP internacional en Quito Ecuador aplicó para fondos que permitiesen el desarrollo de una fábrica en tierras indígenas la cual produciría y comercializaría los filtros para agua (MAP internacional, 1985). En 1983, La USAID concedió los fondos, y, usando este desembolso inicial y el secundario, MAP internacional trabajó con las comunidades locales en el establecimiento de la fábrica.

Durante el establecimiento de la fabrica se fueron encontrando y resolviendo. Estas incluían:

1. La necesidad de la adaptación de la mezcla de la arena, barro y aserrín a fin de obtener la porosidad correcta.
2. La dificultad de elaborar un recipiente impermeable para el agua filtrada.
2. Dificultad de encontrar un suplidor de plata coloidal en México.
3. La necesidad de hacer una adaptación de los hornos por lo que no era suficiente con quemar los filtros.

Adicionalmente, las pruebas de laboratorio con los filtros indicaron que con una baja turbidez, la tasa de filtración seria mas mayor. Por lo cual el control de la producción fue considerada crucial para asegurar el tiempo de contacto suficiente entre la plata coloidal y el agua a fin de reducir efectivamente la contaminación bacteriológica (IEOS, 1985; 1985a). En correspondencia a esta discusión, Ron Rivera, quien es un artesano consultor, fue llevado para proveer asistencia técnica.

Estos problemas fueron superados y se abrió la fábrica. Sin embargo, la mayoría de los recursos otorgados fueron invertidos en la solución de los problemas, y no fue invertido el dinero necesario en el desarrollo del mercado. En el reporte final, MAP internacional (1985) señaló que “ El estado final del proyecto puede ser descrito en la mejor manera como la producción de una unidad filtrante que es capas de producir un producto de calidad pero que carece de una unidad mercantil que sea capaz de generar ventas que son suficientes para que la operación se sostenga a si misma en un punto de equilibrio de 83 unidades por mes”.

Pese a que el proyecto MAP internacional finalizó con menos de lo ideal, Ron Rivera continuó brindando consultorías a otros proyectos y procedió a presentar el filtro a la organización de CPP en Ecuador, Bolivia y Nicaragua (Ron Rivera, comunicación personal). Adicionalmente el ICAITI continuó apoyando a la única familia de ceramistas elaboradores de filtros en la pequeña villa del Rabinal en Guatemala.

El segundo gran paso en la historia de los filtros se dio cuando Dominique Wilson de AFA Guatemala se mostró interesada en el filtro. Ella había estado estudiando los métodos de purificación del agua y *investigación del filtro de ceramica impregnado con plata coloidal promovido por Ceramistas Por La Paz.*

encontró que las personas no estaban utilizando correctamente el cloro y además que no había tiempo suficientemente largo para hervir el agua que asegura la desinfección. Wilson recibió fondos para estudiar el filtro de ICAITI, encontrando que la educación en salud y el filtro podrían disminuir la diarrea infantil (ver sección 5.1, resultados detallados). Desafortunadamente el proyecto terminó con el estudio y el ONG carecía de una estrategia de mercado por lo cual discontinuó el trabajo con el filtro.

El siguiente paso en la historia del filtro se concretó cuando Ron Rivera fue contratado por la organización de Ceramistas Por la Paz, como el supervisor permanente de Ceramistas Por La Paz en Nicaragua

2.3 Ceramistas Por La Paz

Ceramistas Por La Paz (CPP) “ Pretende constituir es una red internacional, independiente, sin fines de lucro, de artesanos interesados en los temas concernientes a la paz y la justicia”. Mantendremos este precepto principalmente a través de los intercambios que envuelven a los artesanos de países superdesarrollados (norte) y subdesarrollados (sur). Ceramistas por la paz apuntan a la provisión de asistencia social responsable a los grupos de artesanos e individuos en búsqueda de su estabilidad, el mantenimiento de la producción de cerámica, y en la preservación de su cultura inherente. (CPP, 2001).

El supervisor de ceramistas por la Paz en el país, Ron Rivera, trabaja con individuos, comunidades, y voluntarios norteamericanos a fin de aprender y enseñar técnicas de artesanía, y para comercializar la artesanía indígena Nicaragüense en los Estados Unidos. CPP esta reconocida por Intercambio Global como una compañía de comercio justo, y las piezas de cerámica de los socios de Ceramistas Por La Paz son vendidas en tiendas de comercio justo en Estados Unidos y Europa. En el sitio Web (2001) de Intercambio Global, se describe a ceramistas por la Paz como, “una organización con oficio de solidaridad de artesanos Norte Americanos trabajando para proveer desarrollo productivo y asistencia en exportación a cooperativas de ceramistas en Nicaragua”.

Adicionalmente, Ron ha utilizado su experiencia previa con el filtro para desarrollar fábricas y ventas de filtros, tanto en Nicaragua como alrededor del mundo. Aun cuando se piensa que la fabrica de los filtros en Nicaragua es un éxito y que el sistema de filtración es altamente demandado a nivel mundial, han habido algunos cuestionamientos en el comité ejecutivo alrededor de que si el proyecto de los filtros aun se ajusta a las metas planteadas en un inicio (Ron Rivera, Comunicación personal). En la última reunión de CPP, estos decidieron que ellos continuarían apoyando la intensa corriente enfocada en los sistemas de filtración. Sin embargo, el comité ejecutivo ha sido establecido un mecanismo para que los donadores contribuyan no solo con los proyectos que están relacionados con el filtro, si acaso los donadores deciden apoyar solo el aspecto de comercio justo en la organización

Por lo tanto, CPP y Ron Rivera trabajan para introducir el filtro para uso general en países en desarrollo mediante el establecimiento de microempresas de artesanos que fabrican los filtros y sus recipientes, y asociándose con ONGs que los distribuyen y brindan educación. Desde este momento, a lo largo de este reporte, el filtro de ICAITI y el filtro promovido por CPP será identificados simplemente como filtros promovido por CPP.

2.4 La fabrica de los filtros promovidos por CPP.

Los filtros para agua promovidos por CPP son producidos en una fábrica de Managua, Nicaragua, la cual emplea a un personal de cuatro hombres ceramistas y una mujer que trabaja medio tiempo como asistente administrativa. La fábrica esta en proceso de convertirse en una cooperativa legalmente reconocida, propiedad de los trabajadores y otros socios interesados que llenen el requisito de 10 personas como mínimo para integrar una cooperativa en Nicaragua. Los trabajadores mantienen sus propios archivos temporales, y operan de manera independiente la mayor parte del tiempo, con alguna supervisión general de Ron Rivera. Durante cierto tiempo, también trabajó una mujer en la fábrica, pero se retiró debido a lo difícil que resultaba la labor.

El filtro como por si mismo, tiene 31 cm en diámetro, 24 cm de alto, una abertura con capacidad para 7.1 L de agua y tiene la forma de una maceta para flores (CPP 2001). El filtro se ubica por dentro de un recipiente tal y como una rejilla de olla valorizadora se sienta dentro de esta misma, los recipientes para el filtro pueden ser baldes plásticos de 20 litros u ollas torneadas de barro. Se adhiere una llave de plástico (en el pasado de bronce) en el fondo del recipiente, y finalmente se coloca una tapa de plástico o de cerámica en la parte superior.

A continuación se describe el proceso de elaboración de filtros.

1. Se tamiza y mezclan 60% de barro seco y pulverizado (incluyendo restos de ladrillos que no son aceptados en la selección de ladrillos en la fábrica) y 40 por ciento de aserrín.
2. Se adiciona agua a la mezcla hasta obtener la consistencia correcta.
3. Se le da forma al filtro a mano, se tornea en un torno para artesanía, o se molde en una prensa. En la fábrica de Managua, los filtros se moldean en una prensa en la que se aplica una presión de 10 toneladas hidráulicas Jack.
4. Los filtros son quemados a 887 grados centígrados en horno de ladrillos usando desechos de madera de la industria como fuente de combustible.
5. Se dejan enfriar los filtros.
6. Luego se remojan durante 24 horas a fin de tenerlos saturados antes de medir la tasa de filtración.
7. Se mide la tasa de filtración de cada uno de los filtros para asegurarse que esta se encuentre entre uno y dos litros por hora, los filtros que tengan una tasa de filtración fuera de este rango son descartados.
8. Se dejan los filtros secar una vez mas.
9. Se aplica con un cepillo de dientes, a cada filtro, 2 ml de plata coloidal 1 3.2 %, diluidos en 250 ml de agua filtrada de plata coloidal con una concentración 3.2%.
10. Los filtros se secan y luego venden.

Los costos de la fábrica son calculados en base a la fabricación diaria de 40 filtros. Los filtros son vendidos primariamente a ONGs interesadas en el establecimiento de sus propios programas de filtración. Los filtros son vendidos sin empaque o un recipiente acabado. Los ONGs adquieren los filtros pero proveen de las cajas de cartón en que se empaacan y del camión para él envío. Los precios de los recipientes oscilan entre 3 dólares por los recipientes plásticos de 20 litros y 8 dólares por un modelo básico de cerámica, o 60 dólares por un modelo de cerámica pintada muy bien elaborado. Los ONGs primariamente adquieren los modelos básicos de plástico debido a las facilidades en su transportación, su peso mínimo, el material que no se quiebra con facilidad y los bajos costo.

En total, aproximadamente 12, 000 filtros han sido vendidos a organizaciones que distribuyen y apoyan programas de filtros en las comunidades. La mayor adquisición que se ha efectuado es de 600-1000 filtros al mismo tiempo. Las organizaciones que han adquiridos cantidades grandes de filtros incluyen: Cruz roja Nicaragua, Plan Internacional, Acción Medica Cristiana, ADOVEC, PRONICA, y médicos del mundo. La mayoría de las organizaciones reciben fondos de los donadores o un otorgamiento para la adquisición de los filtros, y luego distribuyen los filtros en la comunidad. Debido a que la mayoría de los desembolsos únicamente se conceden una ves para una sola adquisición, el dinero frecuentemente no se invierte en la contratación de personal temporal que brinde capacitación y seguimientos de las familias que utilizan el sistema de filtración.

Las organizaciones que han adquirido los filtros en la fábrica de Managua, Incluyen:

Federación Internacional de la Cruz Roja	Cantera
ACSUR (Las Segovias – Cruz Roja Española)	FUMDEC (Matagalpa, Nicaragua)
Médicos del Mundo (España)	ADIC (Matagalpa, Nicaragua)
Médicos sin Fronteras (Bélgica)	ADOVEC (Jinotega, Nicaragua) (con los
ENACAL – UNICEF (Matagalpa, Nicaragua)	fondos de la asociación Interamericana)
SILAIS (Jinotega, Nicaragua)	Asociación de Madres La Paz Centro
Plan Internacional	Siempre Verde (Matagalpa, Nicaragua)
Project Concern International – USAID (CPI)	Hermanas del Buen Paston (Proyecto
Fundación Rio	Nueva Vida)
Alcaldía de Posoltega	PRONICA
Coordinadora San Juan de Limay	AMLAE (San Juan de Limay)
Centro e la Mujer Xochilt Acalt (Malpaisillo)	Comité de Mujeres (Ocotal, Nicaragua)
Centro de la Mujer San Francisco Libre	Tienda Campesina (Achuapa)
Comunidad Los Pasos	Family Planning International(Guatamala)
Voluntarios Cuerpo de Paz (Cuerpos de Paz)	CORDES (El Salvador)
Fundación Sol (Ocotal, Nicaragua)	Acción Médica Cristiana (San Francisco
Tecuilcan – Managua (Proyecto Nueva Vida)	Libre)

Aparte de la producción de filtros en Nicaragua, Ron Rivera trabaja con personas y organizaciones en otros países interesadas en el establecimiento sus propias fábricas. Las personas encuentran a CPP y su sistema de filtración vía Internet, y contactan a Ron; Entonces este los visita y los ayuda con el establecimiento de la fábrica. En el año 2000, se establecieron fabricas en México, Bangladesh, y Camboya. En el 2001, se establecieron fábricas en Haití, Guatemala, El Salvador y Nepal. Esas fábricas operan a una escala más pequeña que la de Managua, pero todas siguen el modelo con que se desarrollo esta última, y podrían crecer para abastecer la demanda.

Además algunas fábricas se encuentran en proyecto para el año de 2002 en Pakistán, Uzbekistán, y Ghana.

3. Enfermedades transmitidas por el agua.

1.3 Enfermedades transmitidas por el agua.

En el reporte (citado) de la comisión de salud y medio ambiente de la OMS, esta describe tres mecanismos de transporte de las enfermedades adquiridas a través del agua. Los tres modos de transmisión son:

1. Enfermedades que se transportan en agua contaminada.

“Estas crecen a partir de la contaminación del agua con heces humanas de animales, orina infectada por virus patógenos y bacterias, que son directamente transmitidas cuando el agua es bebida o se utiliza en la preparación de los alimentos”.

2. Enfermedades relacionadas con la escasez del agua.

“La escasez y la inaccesibilidad del agua hacen que el lavado y el aseo personal sean dificultosos e infrecuentes. En donde sucede esto, algunas enfermedades diarreicas y infecciones contagiosas de la piel y de los ojos son prevalentes. Todas las enfermedades transmitidas por el agua contaminada pueden también ser enfermedades lavadas por el agua. Las enfermedades lavadas por el agua disminuyen en aquellos lugares en donde un adecuado suministro de agua sea accesible”.

3. Enfermedades cuyo ciclo depende agua.

“El agua provee el hábitat para organismos huéspedes intermedios en los cuales los parásitos pasan parte de su ciclo de vida”

La OMS detalló el impacto a la salud pública mundial de las enfermedades transmitidas por el agua. (Tabla 3-1). Un número de estas enfermedades no han tenido todavía morbilidad, mortalidad, ni población en riesgo estadísticamente desarrollada, sin embargo, las estadísticas que han sido enumeradas muestran que una fracción significativa de la población mundial se encuentra en riesgo de contracción de este tipo de enfermedades.

Tabla 3-1: Impacto mundial de las enfermedades transmitidas por el agua (citado de OMS)

Enfermedad	Morbilidad (por año)	Mortalidad(mortalidad / año)	Población en riesgo.
Enfermedades transmitidas por el agua y que se producen por la escasez de agua.			
Cólera			
Enfermedades diarreicas	1,500 millones de episodios en niños menores de 5 años.	4 millones en niños menores de 5 años.	arriba 2,000 millones
Fiebres entericas	500,000 casos	25,000	
Poliomelitis	204,000	25,000	
Ascariasis (roundworm)	1,000,000	20,000	
Leptospirosis			
Trichuriasis			
Enfermedades relacionadas con la escasez de agua.			
Tracoma	6 – 9 millones de ciegos		500 millones
lismaneasis	400,000 nuevas infecciones / año.		350 millones
Relapsing fiebre			
Fiebre tífus			
Enfermedades cuyo ciclo dependen del agua.			
sistosomeasis	200 millones	200,000	500 – 600 millones
Dracunuliasis.	Mas de 10 millones		Mas de 100 millones

Los microorganismos que causan estas enfermedades que son transportadas en el agua son clasificados como bacterias, protozoos, virus y helmiths (levinson, 1996). Estos cuatro organismos pertenecen a diferentes reinos y son eucarióticos (contienen DNA con una membrana nuclear), procarióticos (sin una membrana definida), y no celulares (tabla 3-2).

Tabla 3- 2: Relación Microbiológica de los organismos patógenos.(Levinson, 1996)

Reino	Microorganismos patógenos	Tipo de célula
Animalea	Helminthes	Eucariótica
Protistas	Protozoos	Eucariótica
	hongos	Eucariótica
Procariota	Bacteria	Procariótica
	Virus	No- celular

Las bacterias son células individuales procarióticas (sin núcleo) miembros del grupo de eubacterias (MEL 1991). Aunque ellas no son eucariontes (con un núcleo definido), tienen química celular similar a la de las eucarióticas. Los tamaños varían de 0.3 a 100 μm en longitud, dependiendo de su forma (tabla 3-3). *E coli* es una bacteria con forma bacilar que tiene 0.5 μm en ancho y 2 μm en longitud. La mayoría de las bacterias son mas grandes que el tamaño del poro que CPP mantiene en los filtros que promueve el cual mide 1 μm .

Tabla 3-3: Tipos de bacterias y tamaño (adaptado de MEL, 1991)

Forma	Nombre	tamaño
Esférica	cocci, coccus	1 – 3 μm en diámetro
bacillar	bacilli, bacillus	0.3 – 1.5 μm en ancho
		1.0 – 10 μm en longitud
Bacilar curva	vibrios	0.6 – 1.0 μm en ancho
		2 – 6 μm en longitud
espiralada	spirilla	Sobre los 50 μm
Filamentosa		Sobre los 100 μm y más grande

Los protozoos son organismos eucarióticos (con núcleo) de una sola célula. Se alimentan de bacterias y de otros microorganismos. *Giardia Lamblia* y *cryptosporidium* son protozoos típicos causantes de enfermedades. el rango del tamaño de los protozoos va de 8-100 μm .

Los virus son partículas parasitarias consistentes en una cadena de material genético. Ellos no tienen la habilidad de sintetizar nuevos compuestos, y en su lugar invaden las células huésped redireccionando el material genético del huésped para producir partículas virales, debido a que no tienen la estructura para reproducirse a si mismos, los virus son los causantes de enfermedades mas pequeños, con un tamaño de 0.02-0.2 μm .

Los Helminths son parásitos que son parte del reino animal, Platyhelminths (flatelminotos) y Aschelminthes (solitaria) están presentes en los cuerpos de agua alrededor del mundo, y entran en el cuerpo humano causando enfermedades tales como Triquinosis, y ascariasis.

Los agentes infecciosos comúnmente encontrados en el agua incluyen miembros de los grupos de bacterias, virus, protozoos y helmintos y causan enfermedades que van desde la ascariasis a enfermedades respiratorias agudas (tabla 3-4.).

Tabla 3-4: Enfermedades transmitidas por el agua-organismo causantes (MEI, 1991)

Organismo	enfermedades	manifestaciones
Bacteria		
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenteritis	diarrea
<i>Legionella pneumophila</i>	Legionellosis	Enfermedades respiratorias agudas
<i>Leptospira</i>	Leptospirosis	ascariasis, fiebre
<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre tifoidea	Fiebre, diarrea
<i>Salmonella</i>	Salmonelosis	Envenenamiento alimenticio
<i>Shigella</i>	Shigellosis	Disentería bacilar
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	Diarrea intense, deshidratación
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Yersinosis	Diarrea
Virus		
Adenovirus	Enfermedades respiratorias	
Enterovirus (67 tipos, incluyendo la polio, echo, etc.)	Gastroenteritis, anomalías cardíacas, meningitis.	
Hepatitis A	Infección hepática.	ascariasis, fiebre
Agente Norwalk	Gastroenteritis	vómito
Reovirus	Gastroenteritis	
Rotavirus	Gastroenteritis	
Protozoos		
<i>Balantidium coli</i>	Balantidiasis	Diarrea, disentería
<i>Cryptosporidium</i>	Cryptosporidiosis	Diarrea
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebiasis	Diarrea, ceguera
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis	Diarrea, náusea, indigestión
Helminths		
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariasis	Ascariasis
<i>Enterobius vericolaris</i>	Enterobiasis	Pinworm
<i>Fasciola hepática</i>	Fascioliasis	Sheep liver fluke
<i>Himenolepis nana</i>	Hymenolepiasis	Dwarf tapeworm
<i>Tenia saginata</i>	Teniasis	Beef tapeworm
<i>T. solium</i>	Teniasis	Pork tapeworm
<i>Trichuris trichiura</i>	Tricuriasis	Whipworm

Por lo tanto, un número de diferentes organismos de tamaño y patología variable, contribuyen a las enfermedades transmitidas por el agua a lo largo del planeta. Dos mecanismos en el filtro promovido por CPP contribuyen a la reducción de esos organismos. El primer mecanismo es la filtración. El filtro promovido por CPP atrapa cualquier partícula u organismo que sea más grande que el tamaño del poro del filtro. CPP procura tener un tamaño de poro de 1 μm (1 micron). El cual atrapa una porción significativa de las bacterias, y de todos los protozoos y helmiths. Sin embargo, los virus son más pequeños que 1 micrón, y por lo tanto no son atrapados.

El segundo mecanismo de inactivación de los organismos que contribuyen a las enfermedades que se transportan a través del agua que se utiliza en el filtro promovido por CPP es la plata coloidal

4. La Plata Coloidal Como Desinfectante.

La plata es un metal liso, y maleable el cual es estable en agua y oxígeno pero que es atacado por los compuestos de sulfuro en aire para formar una película negra sulfuro (CRC, 1997). El número atómico de la plata es 47, su peso molecular es 107.868, y existe en sus estados de valencia comunes de Ag^+ y Ag^{+2} , y de la forma mineral de argentita, Ag_2S . Las concentraciones típicas de la plata en el medio ambiente son presentadas en la tabla 4-1. La plata se encuentra en todo el ambiente en concentraciones pequeñas (de miligramos y nanogramos), pero no es esencial para la vida animal y vegetal.

Tabla 4-1: Concentraciones típicas de la plata en el medio ambiente (adaptado de CRC, 1997)

Contenido	Concentración
Contenido total en el suelo	0.03 – 0.9 mg/kg
Contenido soluble en el suelo	0.01 – 0.05 mg/kg in 1 N NH_4AOC
Contenido en agua marina	0.04 $\mu g/kg$
Contenido en agua dulce	0.13 $\mu g/kg$
Contenido en animales marinos	3 – 10 mg/kg
Contenido en humanos	sangre: < 2.7 $\mu g/L$ Huesos: 1.1 mg/kg Hígado: <5 – 32 ng/g
Contenido en animales	6 $\mu g/kg$
Contenido en plantas	0.01 – 0.5 mg/kg
Contenido en alimentos comunes	0.07 – 20 mg/kg
Esencialidad	Plantas: no Animales: no

La ingesta diaria por los humanos es estimada de 0.0014 a 0.08 mg (CRC, 1997). Cuando la ingesta (0.08 mg) es calculada para un tiempo de vida superior a los 70 años, entonces se tiene que un total de 2.0 gramos de plata son ingeridos por personas durante su vida.

$0.08 \text{ mg/día} * 365 \text{ días / año} * 70 \text{ años} = 2.0 \text{ gramos/tiempo de vida.}$

La ingesta tóxica para los humanos es 60 miligramos, mientras la ingesta letal es de 1.3 a 6.2 gramos (CRC, 1997).

4.1. Estándares de la salud humana de la plata y regulaciones.

4.1.1 Organización mundial de la salud (OMS.).

En sus lineamientos para la calidad del agua potable, 2^{da} edición(1993), la OMS se dirigió hacia los efectos que tiene la plata sobre la salud humana y los valores guías para prevenir estos efectos.

La OMS, determinó que:

1. La tasa de retención de plata en los humanos y animales, es solo de 0-10 por ciento. La plata que se retiene es principalmente almacenada en el hígado y en los riñones, La vida media de la plata en el hígado es de 50 días.
2. La plata se encuentra ocasionalmente de manera natural en el suelo y en el agua superficial a una concentración de 5µg/l.
3. El promedio humano de ingesta de plata es de 7.1 µg/l.
4. La dosis letal aguda de nitrato de plata es un mínimo de 10 gramos.
5. La Argyria es el único efecto conocido de la plata sobre los humanos, y “es una condición en la cual la plata es depositada en la piel y en el cabello.”

Basados en sus investigaciones la OMS recomendó como valor guías para el consumo de plata, 10 gramos por tiempo de vida. Este es un NOAEL (no observed adverse exposure limit) (limite de exposición sin adversidad observada) estándar. La OMS concluyó que “ la contribución del agua potable a este NOAEL seria insignificante”. El establecimiento de este valor guía basado en la salud no se considera necesariamente aclarado”. En 1996, la OMS retiró la anterior determinación a razón de la designación de la plata como un componente “U”. “Es innecesario recomendar un valor guía basado en la salud para estos compuestos (compuestos U) porque ellos no representan un riesgo para la salud humana a las concentraciones que se encuentra normalmente en el agua potable”.

Sin embargo la OMS se dirigió al hecho de que la plata es frecuentemente usada como un desinfectante, en tal caso “la ingesta diaria de la plata proveniente del agua potable puede constituir la mayor ruta para la exposición oral”, Por lo tanto la OMS ha establecido un valor guía adicional para los caso es que se use la plata “para mantener la calidad bacteriológica del agua potable”, estos valores guías establecen “que niveles mas altos de plata, arriba de 0.1 ml/l (esta concentración equivale a una dosis total sobre 70 años de la mitad de la NOAEL humana de 10 g) podrían ser tolerados en tales casos sin riesgo a la salud.

Por lo tanto, el valor guía apropiado, para el análisis de los filtros promovidos por CPP es 0.1 mg/l (0 100 µg/l.).

4.2. Agencia de protección del medio ambiente de los Estados Unidos (USEPA).

La USEPA también ha investigado la plata para determinar el estándar adecuado de esta en el agua potable. La USEPA recomienda una ingesta máxima de 5 µg/kg/día (1996). En el adulto promedio de 70 kg, esto es equivalente a 350 µg/días. Esta recomendación fue establecida para prevenir la Argyria “una decoloración gris-azulada médicamente benigna pero permanente, de la piel” La Argyria resulta por la deposición de la plata en la dermis y también por la plata que es inducida en la producción de melanina”. La Argyria se

“ presenta de manera pronunciada en áreas que son expuestas a la luz sola correspondiente con la reducción por la foto-actividad del metal”, y “ aunque la deposición de la plata es permanente, esta no esta asociada con ningún efecto adverso a la salud”

De manera adicional, “ninguna evidencia de cáncer en humanos ha sido reportada pese al frecuente uso del compuesto a lo largo de los años.” La plata fue utilizada por siglos para tratar la sífilis, y como astringente en preparaciones tópicas.

En las regulaciones nacionales secundarias para el agua potable del 2001 se recomendó un máximo de concentración de plata de 0.10 mg/l (o 100µg/l.). Pero específicamente se señaló que “las EPA recomendó estándares secundarios de sistemas de agua pero no requieren **sistemas to comply**. Sin embargo, “los estados pueden escogerlos como un estándar accesible” este valor guía secundario no accesible regula “contaminantes que pueden causar efectos cosméticos o efectos estéticos en el agua potable”. La USEPA no ha establecido ningún estándar separado para el uso de plata como un desinfectante. Es importante destacar que el estándar secundario de la USEPA es el mismo que el valor guía de la OMS para la utilización de la plata como desinfectante: 0.1 mg/l o 100µg/l..

4.3.1 Argyria

La Argyria es “ decoloración gris-azulada de la piel, médicamente benigna pero permanente”; se desarrolla sobre el tiempo correspondiente a la absorción de la plata en la piel (USEPA, 1996). La Argyria empieza en los ojos y en las yemas de los dedos y continua a través de toda la piel especialmente en áreas que están expuestas constantemente a la luz del sol (Egli, comunicación personal). La condición es irreversible, desfigurativa, y no causante de cáncer (Jacobs, 2001; USEPA, 1996). Los casos mas comunes de argyria han sido resultado de: Ingestión de plata en caramelos remojados para prevenir el tabaquismo en Japón, implantes de las agujas en la acupuntura (Suzuki, 1997), uso de pendientes (Sugden, 2001), el tratamiento de varices utilizando sulfadiazina de plata (Russell, 1994), e ingestiones de plata coloidal neuropática (Egli, comunicación personal).

Rosmary Jacobs, una mujer que desarrolló Argyria cuando estaba niña debido a la medicación intra-nasal para las alergias, es una activista en contra el uso de plata (Jacobs, 2001), ella desarrolló Argyria durante su adolescencia, y su piel ha sido descolorada a lo largo de su vida, las fotos de la señora Jacobs dejan ver el efecto que puede causar la Argyria en una sola vida, aun cuando esta sea médicamente benigna.

4.1 Plata coloidal y USFDA/ Regulación de la USEPA

Una solución de plata coloidal “consiste en macromoléculas coloidales y solvente, lo cual es termodinámicamente estable y se reconstituye fácilmente después de la separación de macromoléculas del solvente (Stenesh, 1996)”, luego, un coloide es una macromolécula o partícula en la que al menos una de las dimensiones tiene una longitud que va de 10^{-9} a 10^{-6} metros. Por lo cual, una solución de plata coloidal corresponde a un conjunto estable de partículas de plata muy pequeñas suspendida en agua destilada o proteínas. Las concentraciones de plata coloidal que son altas (tales como las que se usa en el filtro promovido por CPP), se encuentran suspendidas en proteínas debido a que no serian estables en agua (Quinto, comunicación personal).

En 1999, la administración de drogas y alimentos de los Estados Unidos (USFDA) discutió sobre la reglamentación de drogas que no ameritan prescripción médica y que contienen ingredientes de plata

coloidal o sales de plata para el uso externo e interno, que se reconocen generalmente como seguras, efectivos y que a su vez se encuentran incorrectamente etiquetadas. La FDA esta discutiendo la reglamentación final debido a que muchos productos que no requieren prescripción médica, contienen ingredientes de plata coloidal o sales de plata las cuales están en el mercado para ciertas condiciones clínicas (enfermedades) serias y la FDA no tiene posee evidencias científicas substanciales que respalde el uso de los productos con ingredientes de plata coloidal o sales, que no requieren prescripción médica para estas condiciones (Registro federal, 17, agosto, 1999).

El naciente mercado neuro-patológico para la plata coloidal, fue lo que motivo esta reglamentación. En una carta de advertencia dirigida al señor Randy winter, la USFDA citó el sitio web en Internet del Señor Winter por haber establecido que “se ha probado que la plata coloidal ha sido útil en contra de 650 enfermedades, incluyendo el cáncer, sin ningún efecto paralelo dañino. A su vez se ha encontrado que a causa de una rápida regeneración del daño celular y de los tejidos inflamación y promueve una curación más rápida (FDA, 2000). “Una simple busca en Internet de la plata coloidal conllevará a una serie de sitios en los que se anuncia las propiedades curativas de la plata, y a grupos que venden maquinas para la generación de plata a nivel casero.

El 8 de agosto del 2001, hablé con la señora Roma Egli, quien es el contacto en torno a la plata coloidal en la USFDA, sobre el filtro promovido por CPP y el uso de la plata coloidal como método de desinfección, la señora Egli comentó que la USFDA no lidia con los agentes de desinfección, y que la USEPA debería regular esta forma de uso de plata coloidal, siempre y cuando CPP no establezca la utilización de los filtros para el tratamiento de enfermedades en animales y humanos y que no afirme que la plata coloidal es un antibiótico. El producto no esta regulado bajo las USFDA. También mencionó que la plata coloidal es usada en la desinfección de agua en sistemas de transporte tales como aviones, trenes, barcos. Cuando se le preguntó, respondió que ella había vistos casos de Argyria en población que solo haya usado la plata coloidal neuropáticamente. Ninguno de los casos que ella vio fue tan severo como el de Rosmary Jacobs, pero ya ha visto pigmentación permanente azul de la yema de los dedos. De manera enfática, la señora Egli expresó su punto de vista en lo concerniente al etiquetado de la plata coloidal como una droga médica, por parte de la USFDA, cuando no hay ninguna investigación para apoyar tal afirmación. A ellos no les concierne la parte relacionada con la plata coloidal como desinfectante, y de hecho la señora Egli sugirió conversar con el instituto de la plata (un promotor de la plata coloidal como antibiótico) acerca de la adquisición de un generador para hacer plata coloidal en Nicaragua en lugar de importarla de México. Ante esto, se determinó que esta idea no era apropiada para los filtros promovidos por CPP en vista de que en el generador solo se puede producir plata en el rango de ppm contrario a la solución 3.2 % que se utiliza en los ya mencionados filtros.

Luego platique con Wade Travathan, de la USEPA, sobre la plata coloidal como desinfectante. La oficina del programa de pesticidas de la EPA regula los desinfectantes debido a que los microorganismos en Nicaragua están legalmente clasificados como pestes. Por lo cual cualquier producto que mata a los microorganismos esta clasificado bajo la ley federal como un pesticida. El Señor Travathan señaló que hay una corriente de productos activos que están registrados con la EPA que usan la plata coloidal como desinfectante. Para poder ser registrado como un pesticida, se someten los datos que detallan toxicidad y eficacia. Se pueden hacer referencias a datos que ya hayan sido sometidos por otras compañías, mediante el ofrecimiento y la adecuada compensación a la compañía. Las formas de sometimiento se pueden conseguir en el sitio Web de manera gratuita; Sin embargo, hay un costo de mantenimiento de 1000 dólares anuales en el permiso. La oficina del programa de pesticidas es accesible a través de la siguiente dirección. www.epa.gov/pesticides.

Por lo tanto, con el permiso apropiado de la oficina del programa de pesticidas de la USEPA, y con los datos que apoyan que la concentración final de la plata en el agua después de pasar por el filtro promovido por CPP, es menor que los estándares secundarios de la USEPA de $100\mu\text{g/L}$, el filtro de barro impregnado con plata coloidal es un producto que se puede distribuir y utilizar legalmente en los Estados Unidos y cumple con todas las regulaciones de los Estados Unidos.

4.2 Plata en cerámica.

La organización de ceramistas por la paz no es la única organización que utiliza la plata coloidal en unidades filtrantes de cerámica, Basu (1982) en la India remojó, en una sal de plata, un filtro de candela con un tamaño de poro de 6-31micrones, y una tasa de filtración de 3-4 litros por hora. El agua filtrada con este sistema estaba libre de bacterias. Basu, escogió a la plata en lugar del oro como bactericida, y además hizo pruebas en filtros de candelas con poros mas finos que capturarían a las bacterias. La tasa de filtración de estos filtros, fue tan lenta, sin embargo “que hacían que el filtro no tuviese un valor muy práctico”. Por lo cual un tamaño de poro más grande, combinado con un desinfectante hacen del filtro un sistema más práctico debido a que la tasa de filtración, es lo suficientemente alta para proveer suficiente agua para la familia.

4.3 Mecanismos de acción de la plata.

Russell (1994) detalla los usos históricos de la plata, empezando con el asesoramiento de Aristóteles; Alejandro el grande hizo hervir agua y almacenarla en bidones de plata o cobre a fin de prevenir enfermedades que en el agua en sus campamentos. En 1986, Ravelin, reportó que la plata tenia efecto antimicrobiológico a unas concentraciones muy bajas; en efecto fue denominado “oligodinamic” o “activo con poco” (Russell, 1994). En 1881, Crede abogó por el uso de la plata para prevenir infección en los ojos de los recién nacidos, y hasta hace poco tiempo se utilizaban gotas de plata para prevenir gonorrea de los ojos en los recién nacidos. En 1920, se determinó que la acción microbiológica de la plata se correspondía con la forma iónica Ag^+ formada por el empañado, oxidación superficial, o activación eléctrica.

Hoy por hoy, la plata es mas comúnmente utilizada como desinfectante para agua potable y en piscinas en Europa que en Estados Unidos.(Russell, 1994). Algunos estudios han demostrado que la plata puede ser usada cuando el cloro este presente para proveer de una desinfección adicional. La Argyria, que se reportó por primera vez en 1674, es menos común hoy pero aun se sigue reportando.

Tres son los mecanismos responsables por la inactivación microbiológica que genera la plata (Russell, 1994):

La plata reacciona con el grupo Tiol (sulfidriilo, SH) en las células bacterianas

En los grupos estructurales de la

En las proteínas (enzimáticas) funcionales.

La Plata causa cambios estructurales en las membranas de las células bacterianas.

La plata interactúa con los ácidos nucleicos.

Estos tres mecanismos son descritos con mas detalles en las secciones siguientes. Aunque no se sabe cual de todos estos mecanismos es el predominante en los filtros promovidos por CPP, los datos de laboratorio muestran claramente que el filtro impregnado con plata coloidal promovido por CPP remueve 99-100 por ciento de bacterias (CIRA-UNAN, datos varios).

La investigación de Heining sobre los depósitos de plata en una superficie inerte de especial importancia para el filtro promovido por CPP. Heining (1993) demostró que la plata en un área superficial inerte exhibe una fuerte reacción catalítica con el oxígeno, lo cual resulta en una fuerte actividad bactericida. Los factores controladores de la reacción catalítica fueron: El tamaño y dispersión de la plata en el área superficial del lecho, y el volumen de oxígeno en la solución. Heining encontró que los virus y bacterias murieron al contacto con la plata sin necesidad de liberar el metal en el agua.

4.3.1 La plata es un inhibidor enzimático.

“Las células vivas se caracterizan por una compleja y bonita asociación organizada de reacciones químicas mediadas y dirigidas por sistemas de enzimas (Webb, 1963).” Webb continua con la descripción de la teoría de enzimas inhibidoras como la base para el entendimiento de la “energética celular”.

El distorsionar directamente las vías de la reacción directamente enzimáticas con la introducción de una sustancia química permite entre otras cosas la alteración de la actividad metabólica. Otros mecanismos para alterar la actividad metabólica incluyen el cambio de la temperatura o el pH, la irradiación a presión alta, son raros y no específicos además de que no se tienen idea de cómo esto ocurre en el complejo de la matriz protoplásmica. Si se tuviera que escoger la característica más importante e interesante de los inhibidores de las enzimas, las cuales los hacen una de las herramientas más poderosas en muchos de los campos de la investigación biológica, esta sería su especificidad relativa. Lo más que se sabe sobre la naturaleza exacta de la perturbación producida y la selectividad con que esta acción puede llevarse a cabo, es probablemente que emergerá una clara interrelación y las metas del entendimiento de la energética celular serán alcanzadas.

Un número de metales son conocidos como inactivadores del enlace SH (sulfuro de hidrógeno, o sulfidril, o tiol) en las enzimas. La plata es ampliamente usada en aplicaciones bioquímicas para determinar si una enzima tiene un grupo SH como parte de su estructura funcional.

Un resumen de datos colectados por Webb, sobre la acción de plata en los enlaces SH, muestra que la inactivación extremadamente variada depende de enzimas específicas y de la concentración (tabla 4-2). Estas diferentes reactividades pueden atribuirse a un campo eléctrico que rodea al grupo SH, a factores estéricos que dependen de la localización del grupo SH en la estructura de la proteína, que están presentes en los enlaces disulfidos, de los complejos del grupo SH con grupos alrededor, y de si hay un simple o doble grupo SH. Otros inhibidores del SH estudiados, incluyen Mercurio, Arseniato, Cadmio, Yoduro, Cianuro ferrico, y permanganato.

Aunque existen grandes variaciones, es claro que la plata inactiva ciertas enzimas que son responsables de las enfermedades transmitidas por el agua (tabla 4-2). Las fuentes de enfermedades que son transmitidas por el agua, se presentan en negrita en la tabla 4-2.

Tabla 4-2: : comparación de las inhibiciones enzimáticas causadas por la plata (adaptado de Webb, 1966)

Enzimas	fuelle	Concentración of Ag ⁺ , mM	Referencia
Adenosinasa	<i>Vibrio cólera</i>	0.07	Agarwala, 1954
Alanina deshidrogenasa	<i>Bacillus cereus</i>	0.1	O'Connor, 1960
Aldehido deshidrogenasa	<i>Acetobacter suboxydans</i>	0.015	King and Cheldelin, 1956
Aldolasa	Musculos de conejo	0.02	Herbert et al, 1940
α-Amylase	<i>Bacillus subtilis</i>	0.1	Di Carlo and Redfern, 1947
β-Amylase	Papa dulce	0.01	Englard et al, 1951
Aspartasa	<i>Propionibacterium peterssonii</i>	1	Ellfolk, 1953
Aspartasa	<i>Escherichia coli</i>	1	Ichihara et al, 1955
ATP:P _i enzima de intercambio	Hígado de rata	0.05	Chigo and Plaut, 1959
Anhidrasa carbónica	Hojas de espinaca	0.1	Chiba et al, 1954a
Catechol oxigenasa	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.01	Hayaishi et al, 1957
Cholinesterasa	Eritocitos humanos	1	Mounter and Whittaker, 1953
Creatine kinasa	Eritocitos de conejos	0.1	Solvonuk et al, 1956
2'-Deoxyribosyl-4-aminopyrimidone-2,5-diP aminohidrolasa	Hígado de mono	0.01	Scarano et al, 1962
Dihidroxiacid dehidratasa	Hojas de espinaca	0.2	Kanamori and Wixom, 1963
Elastasa	<i>Flavobacterium</i>	1	Mandl and Cohen, 1960
FMN fosfatasa	Hígado de rata	5	McCormick and Russell, 1962
β-Galactosidasa	<i>Escherichia coli</i>	0.165	Knopfmacher and Salle, 1941
D-Glutamata oxidasa	<i>Aerobacter</i> sp.	5	Mizushima and Izaki, 1958
Hidrogenasa	<i>Escherichia coli</i>	1	Joklik, 1950 b
Leucine aminopeptidasa	Riñón de rata	10	Green et al, 1955
NADH:citochromo c oxidoreductasa	Hígado de cerdo	3	Garfinkel, 1957
NADH:H ₂ O ₂ oxidoreductasa	<i>Streptococcus faecalis</i>	0.001	Dolin, 1957
3-fosfoglicerol-aldehído desidrogenasa	Musculos de conejos	0.01	Park et al, 1961
Proteinasa	<i>Trifolium repens</i>	20	Brady, 1961
Protein disulfido reductasa	Guisantes	0.009	Hatch and Turner, 1960
Pirofosfatasa	Eritocitos humanos	0.2	Nagnna and Menon, 1948
Piruvato decarboxilasa	levadura	0.0025	Stoppani et al, 1952
Urocanasa	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	Ota et al, 1956

Berger (1976) comparó la plata generada electricamente (plata coloidal) con sulfadiazina de plata y encontró que 16 organismos fueron inhibidos ante 1.25µg/mL de plata coloidal, y a una concentración de 10.5 µg/mL estos fueron eliminados. (tabla 4-3). Con sulfadiazina de plata las tasas de inhibición fueron mucho más alta. El ion plata coloidal actuó alterando la función meosomal de la célula. El meoso es una parte de la pared celular que es responsable por la respiración. Las células mamíferas no muestran inhibición de la función correspondiente con la plata.

Tabla 4-3: concentración necesaria para la inhibición e inactivación de bacterias

	Concentración necesaria para la inhibición (µg/mL)	Concentración necesaria para la inactivación (µg/mL)
<i>E. coli</i>	0.50	2.02
<i>E. coli (dental)</i>	1.03	8.25
<i>Providencia stuartii</i>	0.13	0.73
<i>Proteus mirabilis</i>	0.08	2.51
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0.31	2.51
<i>Serratia</i>	0.08	0.51
<i>Staphylococcus albus</i>	0.12	0.85
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.03	0.26
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.25	8.25
<i>Streptococcus group D</i>	0.63	10.05
<i>Streptococcus mitis</i>	0.31	10.05
<i>Streptococcus monila</i>	1.25	10.05
<i>Streptococcus mutans</i>	0.63	10.05
<i>Streptococcus pyogenes</i>	0.24	0.48
<i>Streptococcus pyogenes</i>	0.24	0.48
<i>Streptococcus salivarius</i>	1.03	8.25

Otra serie de estudios en la literatura detallan los efectos de la plata en diferentes bacterias y concentraciones variadas.

4.3.2 Interacción de la plata con la pared celular.

Runsell (1994) detalló que la plata se ata a la membrana celular de las bacterias. Las células sensitivas entonces incrementan su tamaño y contenido citoplásmico, y las membranas celulares y otras estructuras celulares, presentan anomalías. Estas anomalías resultan en lisis celular y la muerte. Hugo (1917) también discutió el rol de la plata como causante de la lisis celular, y como la plata reemplaza compuestos en la membrana celular que son requeridos para la estabilidad de la membrana celular.

4.3.3 Interacción de la plata con los ácidos nucleicos.

Russell (1994) detalló la reacción entre Ag^+ y los pares de bases GC (Guanina citosina) y AT (Adimina-Timina). Con exposición del ADN a la luz UV, el complejo Ag^+ -ADN causa la desmerización de la timina y previene la replicación del ADN.

4.4. Plata en la Medicina.

Desde que Crede (1881) introdujo el uso del nitrato de plata para la prevención de gonorrea oftálmica, la plata ha sido utilizada como un desinfectante útil en la medicina. Aunque su popularidad decayó en la década 1930-1940, cuando se introdujeron los antibióticos y los estudios sobre la Argyria; la plata hoy por hoy continúa siendo estudiada y utilizada en la medicina.

Becker (2000) efectuó pruebas de la plata para la regeneración de huesos después de un trauma, utilizando un ánodo de nylon de plata consistente en cristales de plata con un promedio de 50nM en diámetro. Mas de 100 pacientes han sido tratados sin ningún efecto de Argyria. Las tasas promedios de crecimiento de tejido granular fueron alrededor de $1\text{cm}^2/\text{día}$, tasa diez veces más alta que la tasa resultante en el tratamiento sin plata, que equivalió a $0.1\text{cm}^2/\text{día}$. Con tratamiento iontofofotométrico de plata, todos los tejidos blandos tanto como los suplidores vasculares de huesos se convirtieron en contribuidores de granulación. Un medio de cultivo estándar in vitro de estas células mostraron características de células cepas, indicativas de diferenciación de células humanas maduras o expansión de células cepas preexistentes en los tejidos, Becker (2000) estableció que “se cree que el agente responsable por estos efectos celulares es el ion de plata generado eléctricamente.”

Por otra parte, la sulfadiazina de plata es utilizada como un agente antibacterial en las quemaduras agudas sobre la piel (tsipouras, 1997.). Los Vendajes de remojos de plata yodo-coloreado, son especialmente hechos para pacientes con quemaduras. Por otra parte, la ionización cobre/plata es utilizada en los sistemas de agua potable de mas de 30 hospitales en los Estados Unidos para el control de Legionella (lin,1997). La Legionella es un problema para los pacientes inmuno-comprometidos, tales como los infectados con VIH.

Por lo tanto aunque la plata ya no sea utilizada como antibiótico a una escala amplia, las propiedades de inactivación de la plata aun son utilizadas en toda la medicina a una pequeña escala, pero muy presente.

4.5. Plata en el filtro promovido por CPP-resumen (no incluido en el reporte 2).

El profesor Simon Silver, del departamento de microbiología e inmunología de la universidad de Illinois en Chicago, estudió la inactivación bacterial, y la resistencia a metales, incluyendo plata. El piensa que los mecanismos de acción de la plata son muy complicados en correspondencia al numero de sitios de interacción, y el numero de métodos de inactivación (comunicación personal, 2001).

Por lo tanto, no importa el mecanismo exacto en cada situación individual, la plata y la plata coloidal exhiben claramente un efecto antimicrobiológico que ha sido usado en la medicina y para la purificación de agua. Aunque actualmente existen esfuerzos para eliminar el uso de la plata en los Estados Unidos, estas regulaciones no se aplican al uso de la plata coloidal en el filtro promovido por CPP. Los resultados que se exponen en el reporte 2 muestran que todos las concentraciones de plata después de la filtración a través del filtro promovido por CPP, se ubican bajo los estándares de calidad de agua de tanto de la USEPA como de la OMS (Iagtagne, 2001a.). Por consiguiente el uso de la plata en el filtro no representa ningún riesgo a la salud humana.

5. Investigación de la filtración.

Una variable clave en el filtro promovido por Ceramistas Por La Paz es la tasa de filtración del agua a través del filtro, el cual se vende con una tasa de filtración entre uno y dos litros por hora. Los filtros que reportan una tasa de filtración fuera de este rango son descartados. Ron Rivera, determinó esta tasa de filtración a partir de las instrucciones en las botellas de 25 ml microdin (0.32%) que comúnmente eran vendidas en México y que fue lo primero que se aplicó a los filtros promovidos por Ceramistas Por La Paz. Las instrucciones de Microdyn para la desinfección de agua potable son adicionar una gota de solución 0.32% en dos litros de agua y esperar 20 minutos. Entonces el agua es segura para beber. De aquí es que Ron Rivera estableció que cada 2 litros de agua debían tener al menos 20 minutos de tiempo de contacto con la plata coloidal. Luego se adicionó un margen de seguridad de tres, a un tiempo de 60 minutos por dos litros, porque el agua para la desinfección es filtrada a través del filtro y aun no permanece en el contenedor. Es importante destacar que CPP esta utilizando ahora 2 ml de solución Microdin, plata industrial, 3.2% en cada filtro, a diferencia de los 10 ml de la solución 0.32% para uso residencial.

Existen una serie de dudas en torno al mecanismo de filtración a través del filtro, y como las tasas de filtración afectan la inactivación microbiológica. A fin aclarar estas dudas, se llevaron a cabo tres investigaciones. En la primera, se revisó el mecanismo de flujo a través del filtro, en la segunda, fueron investigados los cambios en la tasa de filtración sobre el tiempo. Finalmente, los filtros con diferentes tasas de filtración fueron analizados tanto para concentraciones de plata coloidal en el agua después de ser filtrada como para la inactivación bacteriana.

5.1. Mecanismos de filtración a través de filtro promovido por CPP

El tamaño de los poros en el filtro promovido por CPP se controla a través del tamaño y la cantidad de aserrín que es adicionado al barro en el proceso de manufactura. Este aserrín es quemado durante el proceso de quema, y crea poros dentro del filtro. Entonces el agua fluye a través de estos poros, con una tasa de filtración más alta si los poros son grandes y baja tasa de filtración si los poros son más pequeños.

5.1.1 Tamaño del poro

Servicios Analíticos Industriales, Inc (IAS) investigó el tamaño de los poros del filtro usando un microscopio electrónico escaneador (SEM) con capacidad de análisis de rayos X de elementos. Una pieza del labio (aro superior) de un filtro nuevo con plata coloidal fue removida cuidadosamente y enviado a IAS para su análisis. El filtro fue evaluado en IAS para determinar la composición química, uniformidad de poros y el tamaño de los poros.

En términos de composición química, el componente químico principal del filtro es silicón, seguido por el Oxígeno y el Aluminio. El hierro, sodio, magnesio, azufre, y potasio se presentan en cantidades trazas. No se registró el elemento plata en el análisis de rayos x debido a que la cantidad de plata aplicada por CPP no es suficiente para crear una pico reconocible en los análisis de rayos-x.

La composición del filtro no es uniforme. Hay tanto rajaduras y espacios dentro del filtro. Las medidas de las rajaduras son mayores a 150 micrones (150 micrómetros) en longitud, y los espacios mayores, miden 500 micrones aproximadamente (figura 5-1). El tamaño de los poros en áreas que no están dentro de espacios o rajaduras oscila entre 0.6 micrones y 3 micrones aproximadamente.

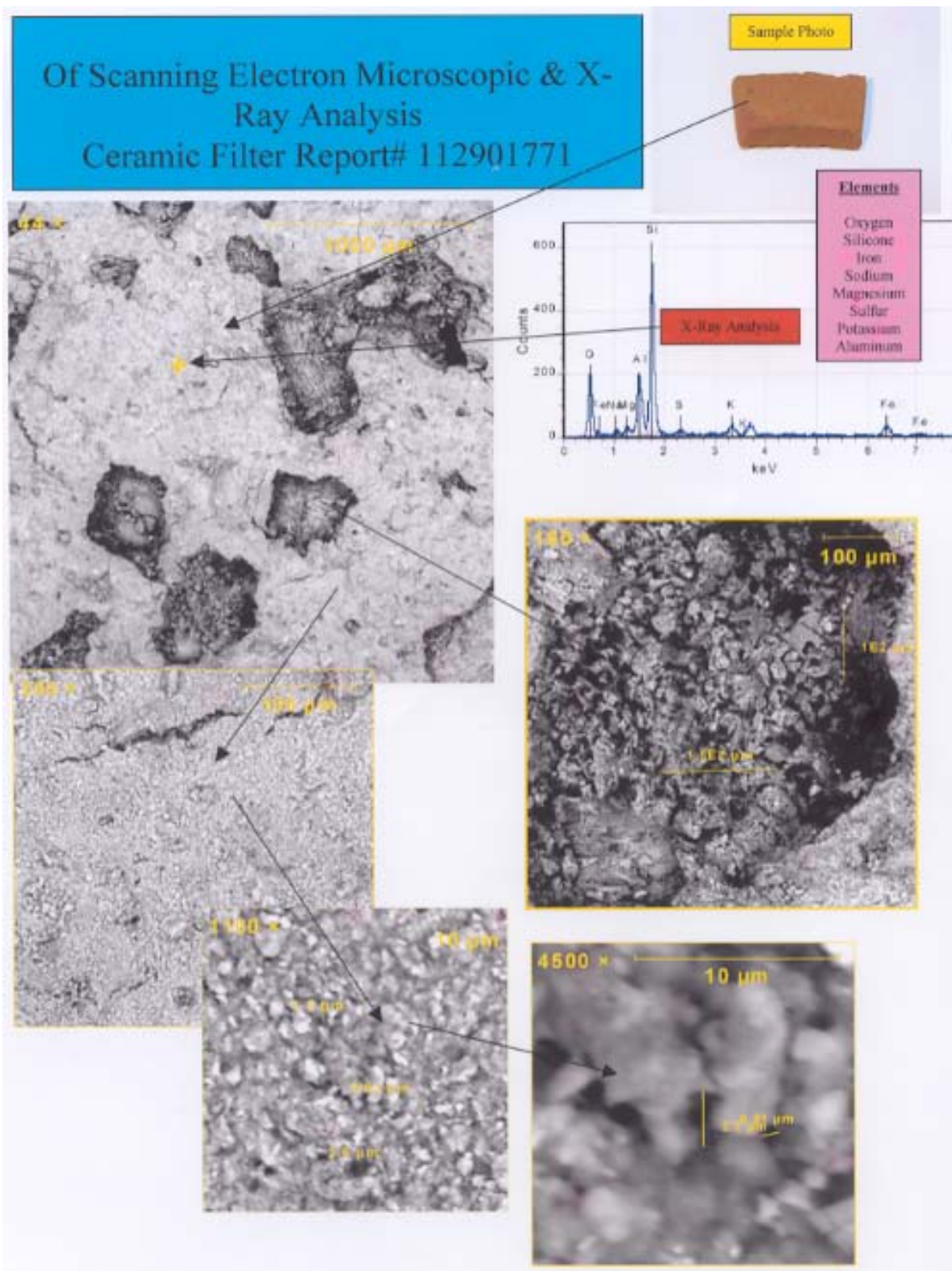


Ilustración 5-1: Análisis SEM de una pieza del labio de un filtro promovido por CPP

El filtro, por lo tanto, está compuesto por un número de áreas grandes las que permanecen sin conexión, sirven únicamente como espacios reservorios de agua. Si dichas áreas grandes se conectasen entre sí, la tasa de filtración del filtro será más alta que uno a dos litros por hora, y este sería descartado en el taller. La presencia de estos grandes reservorios de agua explica el porqué la tasa de filtración incrementa en las primeras usas de los filtros, nuevos y seco. Estos reservorios se deben llenar con agua antes de que fluya el agua a través de los filtros hacia el recipiente.

El tamaño del poro en el filtro oscila entre 0.6 y 3.0 micrones. El tamaño del poro meta para CPP es 1.0 micrometro, a fin de remover E. Coli sin la necesidad de un desinfectante. Este resultado muestra que el filtro promovido por CPP, tiene un rango de tamaño de poro dentro del cual se ubica su meta de 1.0 micrometro. La variación en el tamaño del poro se corresponde con la localización del aserrín durante la quema.

Se recomiendan dos investigaciones posteriores si se desea más información sobre el tamaño del poro.

- 1 La pieza del filtro que fue analizada fue tomada del labio (parte superior) del filtro. Esa es el área que recibe la menor cantidad de presión durante el proceso de manufactura. Por lo tanto, esta tendrá probablemente las rajaduras y espacios más grandes. Por lo cual, el estudio anterior realmente representa el peor escenario. Sería interesante quebrar un filtro, y completar el análisis SEM en el labio y en el fondo del filtro, y comparar los tamaños de rajaduras, espacios y poros.
- 2 En el proceso de manufactura corriente, el barro y aserrín son mezclados en un gran mezclador industrial. Sería interesante hacer un análisis completo SEM en dos filtros: (1) en donde el aserrín y el barro hayan sido mezclados por un periodo corto de tiempo (5 Minutos, por ejemplo) antes de darle la forma; y (2) otro en el que aserrín y el barro hayan sido mezclados por una extensa cantidad de tiempo (20 minutos por ejemplo) antes de darle forma. Con un mezclado adicional, quizás el filtro podría ser más uniforme, mediante el procedimiento de prueba para asegurar que los filtros con una alta tasa de filtración no sean vendidos, un filtro con una mezcla más uniforme podría no ser necesario.
- 3 Sería interesante probar la tasa de filtración y el tamaño del poro en un filtro hecho con aserrín tamizado a una consistencia más fina.

5.1.2 Modelo Matemático de patrón de flujo en el filtro promovido por CPP.

En el 2001, Sten Eriksen desarrolló, para la cruz roja internacional un modelo matemático del patrón de flujo que siguen los filtros promovidos por CPP. Fueron desarrolladas ecuaciones para un modelo de flujo a través de ambos lados del filtro, tanto adentro como fuera de este, y luego se integró la ecuación con el tiempo para formar una ecuación cuya resolución determinaría la máxima conductividad hidráulica que se puede alcanzar en el filtro.

Usando la ley de Darcy, la ecuación de Eriksen (2001) para los lados del filtro esta dada por

$$Q_s = \frac{k\Pi D}{2a} \times x^2 \quad (1)$$

En donde

- Q El flujo a través de los lados del filtro
- K La conductividad hidráulica de la pared del filtro
- D El diámetro del filtro
- A El ancho de la cerámica en los lados del filtro
- X La altura del agua dentro del filtro (cero para un filtro vacío).

Usando la ley de Darcy, la ecuación de Eriksen (2001) determinada para el fondo del filtro es:

$$Q_b = \frac{kx\Pi D^2}{4b} \quad (2)$$

Donde

- Q_b El flujo a través del fondo del filtro
- K La conductividad hidráulica en le fondo del filtro
- D El diámetro del filtro
- b El ancho de la cerámica en el fono del filtro
- x La altura del agua dentro del filtro (cero es un filtro vacío)

Las ecuaciones 1 y 2 fueron combinadas e integradas con el tiempo para formar la ecuación.

$$T = \frac{b}{k} \ln \left(\frac{H(1 + 2\frac{x}{D})}{x(1 + 2\frac{H}{D})} \right) \quad (3)$$

Donde

Se asume que a es igual a b (El ancho de la cerámica en el fondo y lados de le filtro es el mismo)

T	tiempo
b	El ancho de la cerámica en el fondo y lados del filtro
K	la conductividad hidráulica de la cerámica
H	la altura máxima del agua dentro del filtro
D	El diámetro del filtro
X	La altura del agua dentro del filtro.

A continuación Ericksen resolvió la ecuación 3 para determinar la máxima conductividad hidráulica que se alcanzaría durante un periodo de exposición de 25 minutos de tiempo a la plata coloidal en el filtro. Eriksen (2001) determinó que la conductividad hidráulica real era 1000 veces mayor que la que permitida , y recomendó “usar el filtro en conexión con post coloración (SIC) y sin plata coloidal.

Pese a que tanto la derivación efectuada por Ericksen, como los cálculos matemáticos son muy precisos y además que una rederivación del modelo conllevó a la misma ecuación, dos de los valores que Ericksen utilizó en sus ecuaciones para determinar valores reales y máximos de conductividad hidráulica no eran ideales. El primero es el calculo conductividad hidráulica permitida, la que da un tiempo 25 minutos de tiempo de contacto con la plata coloidal.

Usando la ley de Darcy, Ericksen determinó que el tiempo mínimo necesario para la inactivación, seria la distancia en la que el agua viaja a través de la película de plata coloidal dividido por la velocidad. Esta ecuación es:

$$T_{\min} = \frac{tb}{kH} \quad (4)$$

Donde

Tmin Es el tiempo mínimo necesario para la inactivación microbiológica por la plata coloidal

- t Es el grosor de la película de plata coloidal.
- Hk/b Es la velocidad máxima a través del fondo del filtro cuando el filtro esta lleno
- H La altura máximo del agua dentro del filtro
- K Conductividad hidráulica de la cerámica.
- b Ancho de la cerámica en el fondo del filtro

\
Reordenando esta ecuación para despejar el valor de k:

$$k_{\max} = \frac{tb}{T_{\min}H} \quad (5)$$

Erickson resolvió esta ecuación usando los siguientes valores para las variables

- t 0.1 mm (Eriksen); 4 mm (actualizado)
- b 10 mm
- T_{min} 25 minutes
- H 24 cm

Usando estos valores, conductividad hidráulica máxima permitida es 0.00001 metros/hora. Sin embargo, el valor asignado para el grosor del nivel de plata coloidal es una presunción. Erickson cita “de acuerdo al reporte de Earp” como su referencia para este valor. No se da fecha para la referencia, y el reporte de Earp obtenido para este informe, no incluye el valor.

El grosor de la película de plata coloidal apropiado para esta ecuación no sería el grosor teórico de la película de plata coloidal. El grosor apropiado, es el grosor de la película de plata aplicada en los poros de la cerámica a través de la cual las bacterias entran en contacto con la plata coloidal. Por ejemplo, si el ancho de la cerámica en el fondo del filtro es 10 mm, y la plata coloidal remoja los poros dentro de la cerámica través de los 10mm, se puede asumir que el ancho de la película de plata coloidal es de 10 mm. Sin embargo, eso sería incorrecto solo para un reducido grupo de bacterias que viajan en una línea recta a través de la pared del filtro. La mayoría de las gotas de agua y las bacterias viajan a través de una ruta que deja de ser directa en la medida que va desviándose alrededor de los sólidos y a través de los poros y lentamente esto genera un camino que tiene un patrón en zigzag a través de los poros. El termino para definir esta ruta no directa a través de los poros microscópicos dentro del filtro es tortuosidad. Entre mas tortuoso es el camino, mayor es la distancia real que las bacterias deben cubrir para alcanzar los 10 mm, y mayor es la tortuosidad de la pared de la cerámica

Hasta ahora se desconoce que tan profundo dentro del filtro se incrusta la plata coloidal, aunque se sabe que la plata coloidal es aplicada tanto adentro como por fuera del filtro, así que al menos hay una película 0.1 mm en cada uno de los lados del filtro. Sin embargo, la inspección visual del filtro conforme este va siendo pintado muestra que la plata es absorbida dentro del filtro y desaparece a los ojos. Por lo tanto, la

suposición hecha para el calculo aquí, muestra que la plata coloidal forma una película que remoja los poros de la cerámica por lo a un milímetros tanto adentro como afuera del filtro. Esta es tan solo una estimación, es necesario un análisis futuro para refinar precisar este número, antes que puedan ser determinados cálculos más exactos. Adicionalmente el factor de tortuosidad del filtro de cerámica tiene un valor estimado de 2. el cual también constituye una estimación, y por lo tanto se requieren análisis futuros para precisar este valor.

Asumiendo que la película de plata coloidal tiene 1 mm de grueso en ambos lados del filtro se obtiene un valor de grosor de plata coloidal de 2mm. Multiplicando este valor por el factor 2 con que se cuantifica la tortuosidad, se obtiene un valor de 4 mm para el grosor de la película de plata coloidal. Este valor no está cuantificado para el grosor teórico de la película de plata coloidal, sino para el grosor de la película de plata coloidal a las que las bacterias son expuestas dentro del filtro promovido por CPP.

Recalculando esta ecuación con el nuevo valor de 4 mm para el grosor de la película de plata coloidal se obtiene un valor máximo para la conductividad hidráulica de

$$k_{\max} = \frac{tb}{T_{\min}H} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ meters / hour} = 0.0004 \text{ meters / hour} \quad (7)$$

El segundo valor que fue usado en Eriksen(2001) y que es actualizado aquí, es el utilizado en el calculo del valor de la conductividad hidráulica real basado en el tiempo necesario para que el filtro se vacié. Eriksen cita a Ron Rivera, quien estableció que el filtro toma de una a dos horas para vaciarse completamente. En realidad, la tasa de filtración del filtro es 1-2 litros/hora, y en la prueba de laboratorio realizada en CIRA-UNAN el filtro se vacía completamente en un tiempo aproximado de 7-9 horas. Este tiempo para el vaciado de los filtros fue confirmado en las pruebas de laboratorios que se realizaron en Estados Unidos.

Eriksen utilizó la ecuación combinada, e integrada con el tiempo a fin de calcular el valor real de conductividad hidráulica (ecuación 3).

$$T = \frac{b}{k} \ln \left(\frac{H(1 + 2\frac{x}{D})}{x(1 + 2\frac{H}{D})} \right) \quad (8)$$

Esta ecuación fue reordenada para despejar K, que es la conductividad hidráulica. También, cuando x esta cerca de cero (cuando el filtros esta casi vacío), se puede asumir que el numerador de la ecuación tiende a H por que el valor de $(1+2x/D)$ tiende a 1.

$$k_{actual} = \frac{b}{T} \ln \left(\frac{H(1 + 2\frac{x}{D})}{x(1 + 2\frac{H}{D})} \right) \approx \frac{b}{T} \ln \left(\frac{H}{x(1 + 2\frac{H}{D})} \right) \quad (9)$$

Eriksen resolvió la ecuación 9 utilizando los siguientes valores:

b	0.01 metros
T	1 hora (Eriksen), 8 horas (actualizado)
H/x	100
H	0.24 metros
D	0.2 metros.

Usando estos valores, Eriksen obtuvo un valor para la conductividad hidráulica real de 0.03 metros/hora. Este es significativamente más grande que la máxima conductividad hidráulica permitida calculada por Eriksen de 0.00001 metros/hora. Su conclusión de que la plata coloidal en el filtro promovido por CPP es inefectiva para la reducción microbiana esta basada en este cálculo.

Cuando el valor de T es remplazado con la cantidad actualizada de tiempo necesario para vaciar el filtro, promediada en 8 horas, el valor de la conductividad hidráulica real decrece a 0.004 metros/hora. Por lo tanto, en lugar de un factor de 1000 entre la conductividad hidráulica máxima permitida y la conductividad real, solo hay una discrepancia de un factor de 10 (tabla 5-1). Considerando que el grosor de la película de plata coloidal a la que la bacteria es expuesta en realidad fue estimado muy bruscamente y que son necesarios análisis adicionales de laboratorio para verificar su exactitud, esta diferencia podría ser ubicada dentro del Rango de error de las estimaciones.

Tabla 5-1: de conductividad hidráulica- Eriksen y valores actualizados

	Conductividad hidráulica máxima permitida (metros/hora)	Conductividad hidráulica real (metros/hora)
Cálculos de Eriksen	0.00001	0.03
Cálculos actualizados	0.0004	0.004

El modelo matemático desarrollado por Eriksen para modelar el flujo a través del filtro promovido por CPP es muy fiable y poderoso. Su modelo provee el marco para entender la interacción entre la conductividad hidráulica, tiempo, presión, y flujo a través del filtro tanto a nivel macro y microscópico. Desgraciadamente, después de completar el modelo matemático fiable, valores no ideales fueron ubicados dentro de la ecuación para determinar la conductividad hidráulica máxima permitida y la conductiva real. Los resultados obtenidos al usar estos valores no ideales, nos lleva a la conclusión que no hay retención cuando se usan valores actualizados en las ecuaciones.

Se recomiendan completar investigaciones utilizando el marco del modelo de Eriksen. Por otra parte, conocer el grosor de la película de plata coloidal a la que las bacterias son expuestas es crítico para entender el mecanismo de inactivación bacteriana y la conductividad hidráulica. Las Investigaciones encaminadas en esta línea proveerán una estructura matemática sólida para los trabajos relativos al filtro promovido por CPP.

5.1.3 Datos experimentales.

Con la finalidad de proveer de una contraparte experimental al trabajo de Eriksen, Se obtuvieron dos elementos filtrantes del taller de filtros, con tasa de filtración conocida la cual a su vez fue determinada en la misma fábrica. A estos filtros aun no se les había aplicado plata coloidal; y fueron empleados para determinar el patrón de flujo de agua a través del filtro.

Inicialmente, la tasa de filtración de la fabrica fue confirmada utilizando agua de la ciudad de Managua (tabla5-2.). Pese a que la tasa de filtración determinada en el laboratorio fue mas alta que la determinada en la fabrica, los dos filtros reportaron similares tasas de filtración en ambos casos. Las tasas de filtración mas altas, correspondientes a las determinadas en el laboratorio, pueden ser atribuidas al hecho de que antes de la realización de las pruebas, ambos filtros fueron remojados durante toda la noche con agua de la ciudad de Managua. De manera que es posible que el incremento de la tasa de filtración se deba a que las rajaduras y espacios en cada filtro se llenaron de agua durante el tiempo de remojo.

Tabla 4-2: Tasa de filtración en los dos filtros.

	Filtro 1	Filtro 2
Tasa de filtración en la fábrica (L / hora)	1.6	1.6
Tasa de filtración en el laboratorio (L / hora)	2.2	2.1

También se muestran el pH y la conductividad durante la primera prueba de tasa de filtración. (Tabla 5-3). Es de hacer notar que el pH incrementó, aun en los filtros en los cuales no se aplicó plata coloidal. Indicando esto que el incremento del pH visto en todos los muestreos se debe a la cerámica, y no a la plata coloidal.

Tabla 5-3: Resultados de calidad del agua durante la filtración inicial en la prueba de los dos filtros

	Filtro 1		Filtro 2	
	Antes de la filtración	Después de la filtración	Antes de la filtración	Después de la filtración.
pH	7.3	8.7	7.3	8.8
Conductividad	550	610	550	580

A fin de probar si la mayoría del agua fluye a través de los lados o del fondo del filtro, el fondo del filtro 1 fue remojado con 3 capas de pintura impermeable con 25% de agua, y luego 3 capas adicionales de pintura no mezclada con agua. Este mismo procedimiento fue completado en los lados del filtro 2. Se determinó la tasa de filtración de los filtros pintados empleando agua de la ciudad de Managua. Los resultados mostraron que la mayor parte de la filtración, 83%, ocurre a través de los lados (paredes) del filtro tabla (5-4). En tanto que solo un, 17%, ocurre a través el fondo del filtro. El modelo de Ericksen predijo que la mayoría del agua fluiría a través de los lados, en tanto que los filtros se mantuviesen llenos, sirviendo como base de confirmación este dato experimental.

Tabla 5-4: Tasa de filtración de los filtros pintados para impedir el flujo

	Filtro 1 Pintado en el fondo	Filtro 2 Pintado a los lados
Tasa de filtración a través de los lados. (L/horas)	1.04	
Tasa de filtración a través del fondo		0.21

Este resultado es interesante en una serie de niveles:

Si se observa el filtro al momento en que esta filtrando, se puede ver que la mayoría del agua filtrada gotea dentro del recipiente desde un anillo circular alrededor del fondo del filtro. Este resultado muestra que el agua fluye a través del lado de las paredes del filtro, luego abajo a lo largo la de la pared externa del filtro, y entonces gotea al recipiente desde el fondo.

El volumen total filtrado por los dos filtros que se usaron en la prueba, no corresponde con el volumen que se filtraría en un filtro sin pintar. De hecho, hay un 43% menos de volumen total. Lo cual implica una efecto de sinergia entre los lados y el fondo que además responder por una parte del volumen total flujo total.

Los resultados anteriores indican que se debe tener cuidados especiales, para asegurar la aplicación de plata coloidal en los lados de los filtros, que es por donde se filtra un alto porcentaje del agua.

1.2 Cambios en la tasa de filtración en el transcurso del tiempo.

A fin de determinar la vida útil del filtro promovido por CPP, es necesario investigar como cambia la tasa de filtración en el transcurso del tiempo, y si esta tasa de filtración puede rejuvenecerse. En vista de que dicho filtro pierde su efectividad en la medida que la tasa de filtración disminuye lo suficiente como para que el filtro no provea agua en la cantidad necesaria por periodos largos de tiempo.

5.2.1 Estudios previos.

En el estudio inicial del ICAITI (1948) se investigó la tasa de filtración de 7 filtros modelos 9 y 10 durante un año. Los modelos 9 y 10 fueron los dos modelos de barro con aplicación de plata coloidal investigados como opciones. El porcentaje de reducción de la tasa de filtración en esos filtros después de un año se

ubicó en el rango de 39 a 64 % (tabla 5-5). Este resultado es similar al resultados reportado en el reporte 2, en el cual se puede ver que en las comunidades con proyectos de filtros, las tasas de filtración decrecieron notablemente en el transcurso del tiempo, especialmente cuando el agua que se filtra es turbia (Lantagne 2001a).

Tabla 5-5: Tasa de filtración de los filtros de ICAITI a lo largo de un año.

Edad (Días)	Modelo 9 - tasa de filtración (Litros / día)			Modelo 10 – tasa de filtración (Litros / día)			
	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3	Filtro 4
15	3.5	3.8	3.5	3.5	5.5	5.5	3.8
38	2.9	2.9	2.8	2.9	4.0	3.7	2.8
95	2.8	2.8	2.7	2.7	3.1	2.8	2.4
140	2.7	2.8	2.7	2.6	2.7	2.6	2.4
187	2.5	2.6	2.5	2.3	2.4	2.3	2.1
229	2.3	2.4	2.3	2.1	2.1	2.1	1.9
241	2.3	2.5	2.3	2.1	2.2	2.0	1.9
261	2.3	2.3	2.3	2.1	2.1	2.0	1.9
275	2.3	2.3	2.3	2.1	2.0	2.0	1.8
365	2.14	2.14	2.14	1.97	1.97	1.97	1.97
Porcentaje de reducción en un año.	39	44	39	44	64	64	48

5.2.2 Investigaciones de campo sobre la tasa de filtración.

A fin de investigar la reducción de la tasa de filtración sobre el tiempo, el filtro del hogar de Mancotal-6 fue recogido de la casa, y remplazado por un filtro nuevo. El filtro colectado fue analizado en el laboratorio en Nicaragua durante el mes octubre, mes de campo.

La tasa de filtración de este filtro en el hogar fue considerablemente baja, 0.40 litros por hora (tabla 5-6). En el laboratorio, con el agua de la ciudad de Managua, la tasa de filtración fue comparable a 0.52 lt por hora. Después de cepillar tanto la parte de adentro como de afuera del filtro con un cepillo de dientes para remover todas las partículas adheridas a las paredes del filtro, la tasa de filtración se incrementó a 2.1 litros por hora. Luego una posterior horneada del filtro en un horno de cocina no generó ningún incremento en la tasa de filtración.

Tabla 5-6: Efecto del cepillado y del calentamiento en el horno en el filtro del hogar Mancotal-6.

Filtro Mancotal-6	Tasa (L / hora)
En el campo, con agua de pozo	0.40
En el laboratorio, con agua de Managua	0.52
Después de cepillarlo con un cepillo de dientes.	2.1
Después de calentarlo en un horno casero durante toda la noche.	1.9

Estos resultados concuerdan con las recomendaciones del fabricante Katadyn. Katadyn produce filtros de cerámica impregnados con plata coloidal para ser utilizados en camping y para otras aplicaciones. Ellos recomiendan un cepillado regular del filtro de cerámica a fin de rejuvenecer la tasa de filtración (cita). La razón por la cual es necesario el cepillado, se debe a que las partículas mayores a 2 micrones (el tamaño de poro de los filtros de cerámica Katadyn) permanecen en el exterior del filtro. Katadyn menciona específicamente que aunque el cepillado remueve una micropelícula de la cerámica, el filtro es grueso y puede resistir varias cepilladas.

De manera que los filtros promovidos por CPP pueden ser mantenidos indefinidamente si los usuarios cepillaran el filtro regularmente para prevenir la adhesión de material particulado en la superficie del filtro, que impida el flujo de agua a través del filtro. Un problema potencial con esta recomendación se relaciona con la aplicación de la plata coloidal. Cuando la plata coloidal se pinta en el filtro seco, la solución que contiene la plata es absorbida hacia dentro del filtro a tal profundidad, que no es posible decir a donde se ha pintado después de un breve lapso de tiempo. Lo cual indica que la plata coloidal es absorbida hacia dentro del filtro a una profundidad mayor que la de la película que sería cepillada si se utiliza un cepillo para rejuvenecer la tasa de filtración. Esta indicación aun no ha sido probada, si embargo una recomendación para futuras investigaciones es aplicar plata coloidal a un filtro y completar pruebas microbiológicas al filtro, cepillar el filtro durante 24 meses aproximadamente (asumiendo dos años de uso con un agua muy turbia), y realizar los análisis microbiológico por segunda vez. Si no hay una reducción en la calidad microbiológica del agua después de la filtración, se puede decir que el método no remueve cantidades significantes de plata coloidal.

5.3 Agua después de filtración con diferentes tasas de filtración.

En el último estudio de tasas de filtración se investigó la inactivación microbiológica usando filtros con cuatro diferentes tasas de filtración. Primero, se obtuvieron cuatro filtros con diferentes tasas de filtración y sin aplicación de plata coloidal de la fábrica de filtros promovidos por CPP durante el mes de octubre, mes de campo. A estos filtros se les aplicó análisis microbiológicos a fin de determinar la relación entre la tasa de filtración, la concentración de plata en el agua después de la filtración, y la inactivación microbiológica.

Inicialmente se establecieron las tasas de filtración en el laboratorio. Las tasas de filtración determinadas en la fábrica para estos filtros fueron: 1.0 litros/hora, 1.5 litros/hora, y 2.5 litros/hora. Las tasas de filtración en el laboratorio fue diferente en comparación a las establecidas en la fábrica (tabla 5-7). Parte de esta variación se debe a que el filtro en el laboratorio fue remojado durante la noche a fin de lograr llenar los espacios dentro del filtro.

Las tasas de filtración de estos filtros fueron evaluadas en el laboratorio usando agua de un pozo en Tipitapa el que se sabe que está contaminado. Es importante señalar que la tasa de filtración para los filtros con tasa de filtración determinada en la fábrica de 2.1 y 2.5 tuvieron la misma tasa de filtración en el laboratorio (3.0 litros/hora). Por esta razón, el filtro con tasa de filtración de fábrica de 2.5 fue sacado del estudio a fin de evitar el muestreo de dos filtros similares.

Tabla 5-7: Tasa de filtración de laboratorio de cinco filtros sin plata coloidal.

	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3	Filtro 4
Tasa de filtración de fábrica.	1.0	1.5	2.1	2.5
Tasa de filtración de laboratorio. (Litros/hora)	1.52	1.65	3.0	3.0
Conductividad ($\mu\text{mho/cm}$)	1060	1120	1130	1140
pH	8.4	8.3	8.3	8.3

Se colectaron muestras para análisis microbiológico antes y después de la filtración, con lo que se pretendía determinar si el filtro removía contaminantes microbiológicos sin la presencia de plata coloidal.

Ninguno de los filtros removió coliformes totales o bacterias productoras de sulfuro de hidrógeno, pero tres de los filtros removieron *E coli* sin la presencia de plata coloidal (tabla 5-8). Lo cual se corresponde de manera adecuada con los análisis del microscopio electrónico escaneador que muestra que el tamaño del poro dentro del filtro se encuentra en el rango del tamaño para remover *E coli* sin la necesidad de un desinfectante.

Tabla 5-8: Resultados Microbiológicos en cuatro filtros sin plata coloidal.

	Tasa de filtración de fábrica.					
	Agua inicial	Control	1.0	1.5	2.1	2.5
H ₂ S-productoras	+	-	+	+	+	+
Coliformes	+	-	+	+	+	+
Totales						
<i>E. coli</i>	+	-	-	+	-	-

A continuación, se pintó cada uno de los tres filtros restantes con 2,0 ml de plata coloidal 3.2% diluida en 300 ml de agua embotellada. Siguiendo el procedimiento seguido en la fábrica de filtros, dos tercios de la plata fue aplicada por dentro del filtro, y un tercio fue aplicado en la parte externa. Las tasas de filtración, conductividad, y pH del agua luego de ser filtrada se mantuvieron similares después de la aplicación de la plata coloidal, lo cual muestra que la plata coloidal no afecta la tasa de filtración en el filtro, la conductividad o el pH del agua después de la filtración. Se dejaron secar los filtros tanto antes como después de la aplicación de la plata coloidal.

Tabla 5-9: Tasa de filtración después de la aplicación de plata coloidal en tres filtros.

	Filtro 1	Filtro 2	Filtro 3
Tasa de filtración de fábrica.	1.0	1.5	2.1
Tasa de filtración en el laboratorio (Litros/hora)	1.57	2.04	2.9
Conductividad (µmho/cm)	1020	1110	1020
pH	8.3	8.3	8.3

A continuación, se hizo pasar agua tomada del pozo contaminado en Tipitapa, a través de cada uno de los tres filtros. Se colectó agua filtrada en esta primera corrida con la plata coloidal aplicada, se preservó y transportó a los Estados Unidos para aplicarle análisis de concentración de plata en los laboratorios de Toxicon en Bedford, Massachussets. Se completó una segunda y una tercera corrida con el agua del río en Tipitapa y nuevamente se colectaron muestras de agua, se preservaron, se transportaron y se les aplicó análisis para determinar la concentración de plata.

Los resultados para estas tres primeras corridas con estos filtros muestran que las muestras de agua no filtrada excedían los valores guías señalados por la OMS o el valor estándar secundario para agua potable de la USEPA (tabla 5-10). Adicionalmente, la concentración de plata en el agua filtrada decreció marcadamente después del primer uso del filtro (figura 5-2). No se encontró correlación entre la tasa de filtración y la concentración de plata, indicando que la tasa de filtración no afecta la cantidad de plata que no es absorbido por la cerámica, que es eliminada del filtro en los primeros usos de este.

Tabla 5-10: Concentración de plata en agua filtrada de tres filtros.

Concentración de plata en agua filtrada (µg/L)			
	Filtro 1.0	Filtro 1.5	Filtro 2.0
Primera filtración	44	61	29
Segunda filtración	11	19	18
Tercera filtración.	12	21	15

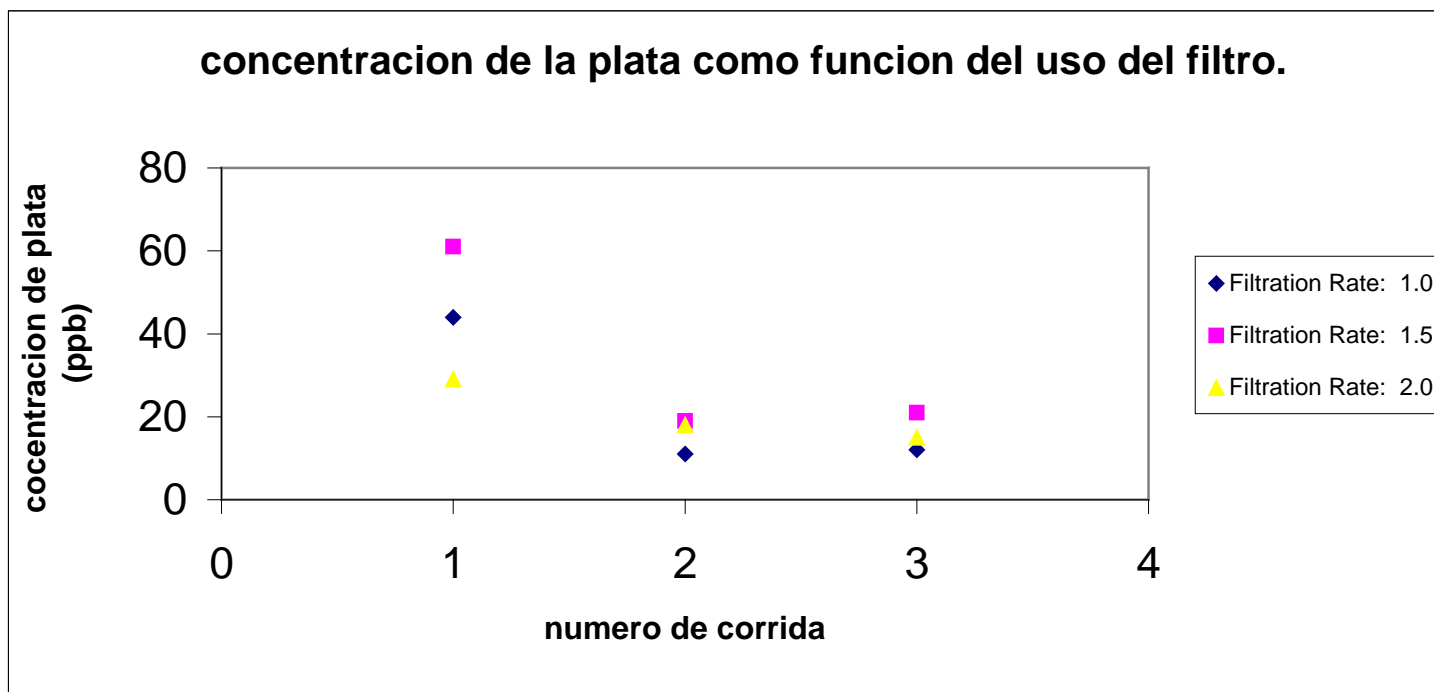


Ilustración 5-2: de la plata en función del uso del filtro y de la tasa de filtración.

Estos datos también dan soporte a la recomendación de CPP de no consumir el agua de las primeras filtraciones (corridas) del filtro. CPP recomienda descartar el agua de las primeras corridas debido al sabor que da el metal. Pero después de la primera filtración la concentración de la plata decrece significativamente. Una recomendación para estudios futuros es hacer análisis de concentración de plata pasadas tres corridas a fin de determinar cuando y como la concentración de plata en el agua filtrada decrece. En el muestreo de campo, después de seis meses, se encontraron concentraciones detectables en el agua después de ser filtrada solo en dos de los 24 filtros. No existen datos de este tipo para filtros entre los tres y seis meses de uso.

Una vez finalizado el estudio de tasa de filtración en estos tres filtros, los filtros fueron llevados al los laboratorios del Centro de Investigación de Recursos Acuáticos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua en Managua (CIRA-UNAN) para aplicarle análisis microbiológicos.

Los resultados para el muestreo microbiológico en el laboratorio muestran que los tres filtros removieron 100 por ciento de coliformes totales y fecales (tabla 5-11). Desafortunadamente el agua que se evaluó (agua antes de la filtración) no contenía *E coli*, por lo cual no fue posible determinar el porcentaje de remoción de *E coli*. Es interesante el hecho de que en los datos presentados dentro de esta sección, el filtro con una tasa de filtración medida en la fábrica de 1.5 litros/hora tuvo la tasa de filtración de laboratorio más variable (Tabla 5-7 y 5-9), la concentración de plata mas alta en el agua después de la filtración (tabla 5-10), y además fue el único en que se encontraron bacterias en el agua después de (tabla 5-11). Pese a que ninguno de estos valores se ubican sobre el estándar, los resultados obtenidos, indican que algo esta ocurriendo con este filtro. Esta excepcionalidad no resulta en una tasa de filtración mayor a 2 Litros por hora que es lo que indica, al nivel de la fábrica, que los filtros no debe ser vendido.

Tabla 5-11: Resultados microbiológicos en tres filtros con diferentes tasas de filtración

	Agua inicial	Tasa de filtración de fabrica.		
		1.0	1.5	2.1
Coliformes totales	3108	0	0	0
Coliformes fecales	1583	0	0	0
Streptococcus fecales	33	0	2	0
<i>E. coli</i>	0	0	0	0

Dado a que a las tres tasas de filtración evaluadas se removieron porcentajes significativos de bacterias, seria interesante coleccionar muestras de un filtro con una tasa de filtración muy alta (por ejemplo, 4 litros/hora) a fin de determinar si la remoción microbiológica también ocurre a ese rango.

5.4 Conclusiones sobre la tasa de filtración y recomendaciones para futuras investigaciones.

Basado en los resultados de esta investigación sobre la tasa de filtración, se presente las siguientes conclusiones.

- 1 El tamaño del poro dentro de los filtros tiene un rango de entre 0.6-3.0 micrones. También existen rajaduras más grandes y espacios dentro de la cerámica. Si esos espacios y rajadura están desconectados, el tamaño limitante de los filtros se mantiene en 0.6-3 micrones para el tamaño del poro.
- 2 La aplicación de plata coloidal no afecta la tasa de filtración dentro de los filtros, o la conductividad y pH del agua después de ser filtrada.
- 3 La mayor parte de la filtración se lleva a cabo a través de los lados del filtro, y por lo tanto es importante asegurar la aplicación de plata coloidal en esta área.
- 4 El cepillado del filtro con un cepillo de dientes rejuvenece la tasa de filtración cuando esta se ha disminuido, debido a la acumulación de sólidos en la superficie de la cerámica, y debe realizarse periódicamente.
- 5 Tres de cuatro filtros evaluados microbiológicamente removieron *E coli* sin la aplicación de plata, indicando que el tamaño del poro es suficientemente pequeño en la mayoría de los filtros como para remover *E coli*.
- 6 Aun en el primer uso del el filtro, la concentración de plata coloidal no se ubicó sobre los estándares de la OMS y la USEPA. La concentración es significativamente mas alta en el primer uso que en el segundo, sin embargo es recomendable que CPP mantengan la política de recomendar no consumir el agua filtrada, la primera vez que se utiliza el filtro.
- 7 Los filtros con tasa de filtración medida en el taller de 1.0 a 2.0 litros /hora, y las tasas de filtración medidas en el laboratorio mayores a 3.0 litros/hora, removieron 100 por ciento de coliformes totales y de coliformes fecales.

Aunque muchas investigaciones ya han sido llevadas a cabo. Se suscitaron una serie de cuestionamientos durante este estudio que podrían ser investigados en futuros estudios. Las recomendaciones para estudios futuros incluye:

- 1 Determinar si el fondo del filtro tiene un tamaño de poro menor, y si una mezcla mas extendida en el tiempo del aserrín con el barro pueden dar lugar a un tamaño de poro mas uniforme dentro del filtro.
- 2 Expansión del marco matemático iniciado por Erickse (2001) a fin de modelar matemáticamente y entender el filtro.
- 3 Determinación el efecto de la concentración de la plata coloidal y la inactivación microbiológica después de repetir el cepillado del filtro.
- 4 Determinación del porcentaje de reducción microbiológica en el filtro con tasas de filtración más altas.
- 5 Determinación de otro método aparte de la tasa de filtración para determinar si el filtro es efectivo.

6 Investigaciones sobre la plata coloidal.

Dos variables relacionadas con la plata coloidal fueron investigadas para este estudio. La primera se corresponde con la relación entre el método de aplicación y la inactivación microbiológica. La segunda se corresponde con la relación entre la concentración de plata coloidal y la inactivación microbiológica.

6.1 Investigación del método de aplicación.

Durante el mes de octubre (mes de campo), se obtuvieron del taller de filtros tres filtros nuevos con la misma tasa de filtración medida en la fábrica antes de que se les aplicara plata coloidal. La tasa de filtración de estos filtros medida en la fábrica era 1.6 litros/hora. Estos filtros fueron pintados con 2 ml de plata coloidal al 3.2% diluida en 300 ml de agua embotellada usando tres diferentes métodos:

- 1 Pintando con la mitad de 300 ml de la solución la parte interna del filtro y con la otra mitad la parte externa de este.
- 2 Pintando dos tercios de los 300 ml de la solución en la parte interna y un tercio en la parte externa; y
- 3 Pintando los 300 ml de la solución en la parte interna.

Este método se practica normalmente en el taller de filtros.

Se realizaron tres “corridas”, por filtro, con agua tomada de un pozo contaminado en Tipitapa. Las muestras de plata después de cada corrida fueron recogidas, preservadas en ácido nítrico, transportadas y luego analizadas en los laboratorios Toxicon en los Estados Unidos. No se tomaron muestras de concentración de plata del filtro 2 debido a que el método de aplicación que se usó en este filtro fue el mismo que se utilizó en los tres filtros estudiados en el estudio de tasa de filtración (tabla 5-10).

La concentración de plata en el agua después de ser filtrada durante las tres primeras corridas del filtro 1 fueron similares a los resultados obtenidos en el estudio de tasas de filtración (tabla 6-1, tabla 5-10). Sin embargo, los resultados obtenidos para el filtro 3 son muy diferentes. Cuando no se aplicó plata coloidal en la parte externa del filtro. No se encontró concentración de plata en el agua después de ser filtrada en las dos primeras corridas, lo cual indica que solo la plata coloidal que es aplicada en la parte externa del filtro fluye en el agua que se filtra. Una posible explicación es que cualquier partícula de plata que no es absorbida por la cerámica en la parte interior del filtro puede ser arrastrada por el agua y absorbida posteriormente por la cerámica en el interior del filtro. En tanto que cualquier partícula de plata no absorbida por la cerámica en la parte externa del filtro solo puede fluir con el agua filtrada (después de filtrar).

Tabla 6-1: Resultados de concentración de plata – Diferentes aplicaciones de la plata.

Concertación de la plata coloidal en el agua después de ser filtrada. (µg/L)			
	Filtro 1: ½ por dentro, ½ por fuera	Filtro 2: ⅔ por dentro, ⅓ por fuera	Filtro 3: todo por dentro.
Filtración 1	35		ND ¹
Filtración 2	13		ND
Filtración 3	15		No se tomó muestra.

1. No detectado. Limite de detección: 5 µg/L

Completadas las tres primeras corridas, los filtros fueron enviados al CIRA-UNAN para completar los análisis microbiológicos usando agua del pozo contaminado en Tipitapa

Los resultados de los análisis microbiológicos muestran que los filtros con plata coloidal aplicada por dentro del filtro y por fuera de este remueven 100% de coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales (tabla6-2.). Desafortunadamente, no se encontró *E coli* en el agua que se uso para la filtración por lo cual no se pudo ver el porcentaje de eficiencia en la remoción de *E coli*. En el filtro 3 sin embargo, solo 87% de coliformes totales, 80 % de coliformes fecales, y 91% de estreptococos fecales fueron removidos. Por lo tanto la plata coloidal aplicada en la parte externa del filtro es crítica para mantener 100% de reducción de los indicadores bacterianos.

Tabla 6-2: Resultados microbiológicos – Diferentes aplicaciones de plata coloidal

	Agua antes de la filtracion	Aplicación de Plata		
		Filtro 1: ½ por dentro, ½ por fuera	Filtro 2: ⅔ por dentro, ⅓ por fuera	Filtro 3: todo por dentro
Coliformes totales	3108	0	0	390
Coliformes fecales	1583	0	0	315
Streptococcus fecales	33	0	0	3
<i>E. coli</i>	0	0	0	0

La plata aplicada en la parte externa del filtro puede ser crítica para esta inactivación por dos razones: (1) la plata es absorbida dentro del filtro por los dos lados y por lo tanto crea una capa mas profunda de plata coloidal y por ende un tiempo de contacto más prolongado; o (2) la plata coloidal en la parte externa del filtro provee desinfección final conforme el agua va dejando el filtro. Basado en estos resultados, y también en el modelo matemático del filtro y el efecto del cepillado del filtro, es importante determinar la profundidad a la que la plata penetra dentro de la cerámica. Esta profundidad depende probablemente de una serie de factores, incluyendo la cantidad de agua en la que la plata es diluida, los poros del filtro, la tortuosidad del camino del agua, y la sequedad del filtro cuando la plata coloidal es aplicada.

6.2 Calidad del agua después de la filtración a diferentes concentraciones de plata coloidal

A fin de investigar los efectos de la concentración de plata coloidal en los resultados microbiológicos del agua después de la filtración, se obtuvieron cinco filtros del taller de filtros, con la misma tasa de filtración de 1.5 litros/hora medida en el taller, antes de que se les aplicara plata coloidal. A estos filtros se les aplicó diferentes cantidades de plata coloidal.

- 1 Sin plata coloidal.
- 2 Dos ml de 94 ppm de plata coloidal obtenida del Natural Immunogenics en Florida
- 3 Un ml de solución de microdin. 3.2% (32,000 ppm)
- 4 Dos ml de solución de microdin al 3.2% (32,000 ppm) y
- 5 Cinco ml de solución de microdin. al 3.2% (32,000 ppm).

Toda la plata coloidal fue diluida en 300 ml de agua embotellada antes de la aplicación. El método de aplicación fue por cepillado (pintado con una brocha) con dos tercios de un litro de solución en la parte interna del filtro y el tercio restante de la solución fue aplicado en la parte externa del filtro.

La concentración de plata coloidal de 94-ppm fue obtenida de National Immunogenics en Miami, Florida, U.S.A. National Immunogenics produce y distribuye “plata soberana” para el mercado de neuropatía en los Estados Unidos (Quinto, comunicación personal y visita, 19-10-01). Su laboratorio esta equipado con la más alta tecnología en equipos, incluyendo un microscopio electrónico escaneador. Ellos producen la plata dentro de su laboratorio, y analizan cada uno de su batches de plata coloidal para asegurar la calidad. Ellos también mantienen volúmenes de cada uno de sus batches los que van analizando a lo largo del tiempo.

National Immunogenics mercadea una concentración de 10-ppm de plata coloidal y desarrolló para Ceramistas Por La Paz una concentración especialmente alta de 94 y 150 ppm. La cual fue etiquetada por National Immunogenics como “no para consumo”. La plata coloidal con la que ellos trabajan, se encuentra suspendida en agua, en contraste con la suspensión de proteína en la que se encuentra el Microdin, debido a que una concentración tan baja no es estable en agua. Una muestra de 94-ppm fue utilizada en este estudio para determinar sí la alta concentración proveída por National Immunogenics, pero que aun resulta baja en comparación con la concentración que se utiliza en los filtros promovidos por CPP, inactivaría las bacterias en tales filtros.

A fin de probar estas diferentes concentraciones de plata coloidal, se realizaron tres primeras corridas con agua del pozo contaminado en Tipitapa, para cada uno de los filtros. Las muestras de plata de cada una de las corridas, fueron recogidas, preservada en ácido nítrico, transportadas, y analizadas en los laboratorios de Toxicon en los Estados Unidos. No se tomaron muestras del filtro 1 por que no se le aplicó plata coloidal, o del filtro 3 y 4 debido a que la concentración en estos filtros era similar a la de los filtros estudiados en el estudio de tasas de filtración (tabla 5-10).

No se encontró plata en el agua después de filtración usando la concentración de 94-ppm de National Immunogenics (tabla 6-3). Adicionalmente, la cantidad de plata vista en el agua después de ser filtrada usando 5 ml de microdin al 3.2% fue similar a los valores vistos cuando se uso 2 ml de plata coloidal (tabla 5-10). Lo cual indica que el método de aplicación es más influyente que la concentración, sobre la concentración de plata coloidal en el agua después de filtrar.

Tabla 7-1: Resultados de concentración de plata coloidal – Diferentes concentraciones de plata

Concentracion de plata coloidal en el agua despues de la filtración. (µg/L)					
	Filtro 1: Sin plata	Filtro 2: 2 mL of 94 ppm	Filtro 3: 1 mL of 3.2%	Filtro 4: 2 mL of 3.2%	Filtro 5: 5 mL of 3.2%
Filtracion 1		ND ¹			37
Filtracion 2					17
Filtracion 3					14

1. No detectada. Limite de detección: 5 µg/L

Después de terminadas las tres primeras corridas, los filtros fueron enviados al CIRA-UNAN para efectuar análisis microbiológico, usando agua del pozo contaminado en Tipitapa.

Los resultados en el análisis microbiológico muestran 100% de reducción en coliformes fecales, coliformes totales y estreptococos fecales en los tres filtros con diferente concentración de microdin plata coloidal (tabla 6-4). Los filtros sin plata coloidal removieron 98% de los coliformes totales, 97 de los coliformes fecales, y 82 % de los estreptococos fecales. Los filtros con la plata obtenida de National Immunogenics removieron tan solo 76% de coliformes totales, 63% de coliformes fecales, y 75 % de estreptococos fecales. Desafortunadamente, no se encontró, *E coli* en el agua antes de la filtración de manera que no se pudo determinar la eficiencia en la remoción de esta bacteria.

Aunque el filtro sin plata funcionó muy bien, el filtro con la plata obtenida de National tuvo significativamente menor eficiencia, indicando que hay una variación en la habilidad del filtro sin Microdin, plata coloidal, para remover bacterias. Por lo tanto, no se recomienda que se use el filtro sin la aplicación de plata coloidal. Adicionalmente, la plata con concentración de 94-ppm obtenida de National Immunogenics no es efectiva para la inactivación de bacterias en los filtros promovidos por CPP. Aunque la plata de National Immunogenics es hecha y producida de mejor manera, simplemente, la concentración no es suficientemente alta para asegurar la desinfección en los filtros. La concentración de plata coloidal

Microdin es 340 veces mayor que la plata de National Immunogenics, siendo esto importante para la inactivación microbiológica.

Tabla 7-2: Resultados microbiológicos– Diferentes concentraciones de plata coloidal

	Agua inicial	Concentración de plata				
		Sin plata	2 mL 94 ppm	1 mL 3.2%	2 mL 3.2%	5 mL 3.2%
Coliformes totales	3108	55	745	0	0	0
Coliformes fecales	1583	47	590	0	0	0
Streptococcus fecales	33	6	8	0	0	0
<i>E. coli</i>	0	0	0	0	0	0

6.2 Conclusiones sobre la plata coloidal y recomendaciones para investigaciones futuras.

Basados en los resultados de las investigaciones sobre la plata coloidal, que aquí se presenta se concluye.

- 1 Para ninguno de los métodos de aplicación de la plata coloidal (arriba de la mitad superior en la parte externa del filtro) o concentración de plata aplicada al filtro (sobre 5 ml de Microdin 3.2 por ciento) que fueron evaluados, se encontró agua después de la filtración con concentraciones mayores a los estándares de concentración de plata de la OMS y la USEPA.
- 2 La reducción microbiológica no fue completa cuando no se aplicó plata coloidal a la parte externa del filtro.
- 3 Aunque el proceso de filtración por si solo remueve una cantidad significativa de bacterias, esta cantidad es variable, y la plata coloidal es necesaria para completar la remoción de bacterias.
- 4 La concentración de plata coloidal del Microdin es necesaria para completar la remoción total de bacterias.

Aunque muchas investigaciones han sido llevadas a cabo, se suscitaron una significativa cantidad de cuestionamientos durante este estudio, los cuales pueden ser investigados en estudios futuros. Las recomendaciones para estudios futuros incluyen:

- 1 Aun es cuestionada la profundidad del filtro a la que penetra la plata coloidal cuando este es pintado con la solución. Esto es importante no solo para la aplicación en si, sino que también lo es para el modelaje matemático del filtro, y para determinar cualquier efecto negativo que pueda acarrear el cepillar el filtro.

7 Investigaciones de pruebas microbiológicas.

Se han llevado a cabo una serie de estudios para investigar la capacidad de los filtros promovidos por CPP en la remoción de contaminantes microbiológicos, de los cuales se presenta una revisión en esta sección..

7.1 Investigación de bacterias no indicadoras, encontradas en las “placas”.

En una conversación, los técnicos en el Centro de Investigación de Recursos Acuáticos de la Universidad Autónoma de Nicaragua (CIRA-UNAN) hicieron notar que durante el estudio de concentración de plata coloidal, mientras se efectuaba el análisis de los cuatros indicadores bacterianos en el agua después de ser filtrada en los filtro promovido por CPP, se encontraban con frecuencia crecimiento de otras bacterias pequeñas sobre los placas empleadas para el crecimiento de los indicadores de bacterias (conversación personal, 10-2001). Ellos estaban interesados en la identificación de estas bacterias para determinar la razón de este crecimiento y saber si las mencionadas bacterias representaban un riesgo para la salud humana. Para este fin se aplicaron pruebas bioquímicas de identificación.

Fueron identificadas dos especies de bacteria usando esta técnica: *Aeromonas* y *Pleisomonas*. *Aeromonas* las cuales son bacterias, bacilos gram-negativas que se encuentran en el agua, el suelo, alimentos, animales y heces humanas (Levinson, 1996). Una especie es del género que causa infecciones en heridas, diarrea, y sepsis, especialmente en pacientes inmunocomprometidos. Por lo tanto, las *Aeromonas* pueden ser encontradas naturalmente, y pueden ser también un indicador de desechos humanos. *Pleisomonas Shigelloides*, es una de las especies de *Pleisomonas*. Esta bacteria se caracteriza por ser gram-negativa y tener forma bacilar además de que esta asociada con fuentes de agua. Esta causa gastroenteritis autolimitada en áreas tropicales primariamente, y puede causar enfermedades invasivas en individuos inmunocomprometidos.

Ambos géneros son clasificados con “patógenos bacterianos menores” en Levinson (1996), y debido a que ambos están asociadas con fuentes de agua, es lógico que hayan sido encontradas en el agua que se filtra por el filtro. El hecho de que ellas no fueron filtradas en este estudio, muestra que hay un potencial de riesgo menor a la salud para individuos inmunocomprometidos que tomen agua de la que haya sido filtrada por el filtro, si las especies que causan la enfermedad son las especies que no son las capturadas por el filtro.

7.2 Estudios Fuera de Nicaragua.

7.2.1 Honduras

En noviembre de 1999, Ron Rivera, condujo un estudio de factibilidad en Honduras. Se probó agua clorada del suministró de agua de pipa y agua de pozo en filtros manufacturados en Nicaragua. La reducción en los indicadores microbiológicos mostró que el uso del filtro Nicaragüense es factible en Honduras (CESCCO,1999). El filtro removi6 100 por ciento de los coliformes fecales y los coliformes

totales tanto del suministro de agua clorada de la ciudad como del agua del pozo. De hecho el filtro removió un poco mas de coliformes totales de las que se remueve cuando el agua es hervida (tabla 7-1).

Tabla 7-1: Resultados microbiológicos en honduras, 1999

Muestra	Coliformes totales (col / 100 mL)	Coliformes fecales (col / 100 mL)
Agua de pozo	150	100
Agua de pozo filtrada	0	0
Agua de pozo hervida	2	0
Agua clorada del sistema de pipa de la ciudad	1,700	700
Agua de la ciudad filtrada	0	0

7.2.2 Bolivia

Se financió un estudio de factibilidad en Bolivia para determinar si los filtros eran aplicables en Bolivia. Aunque los resultados microbiológicos fueron buenos, el proyecto fracaso debido a las deficiencias en el mercado de los filtros. Tanto el agua de río y el agua del río después de ser filtrada, fueron analizadas el 10 de julio de 1989 en “Alimentos para Millones” (laboratorio de microbiología de alimentos). El filtro en Bolivia removió coliformes totales, coliformes fecales, y 99.9% de las bacterias aerobias contadas (tabla 7-2).

Tabla 7-2: Resultados microbiológicos en Bolivia, 1986

Prueba	Agua de rio	Agua después de filtración.
Sólidos en suspensión	Escasos	Muy Escasos.
Conteo de bacterias aerobias	300,000	10
Coliformes totales (MPN)	460	Negativo
Coliformes fecales	positivo	Negativo
Salmonella	Negativo	Negativo

7.3 Estudios dentro de Nicaragua: CIRA-UNAN

Ceramistas Por La Paz ha trabajado extensivamente con el Centro de Investigación de Recursos Acuáticos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua CIRA-UNAN a fin de analizar diferentes filtros para la remoción microbiológica. La práctica estándar del laboratorio CIRA-UNAN, incluyen la limpieza del recipiente con detergente y luego su esterilización con agua destilada (comunicación personal 10-01). Lo cual asegura que el recipiente no recontamine el agua después haber sido filtrada.

7.3.1 Julio 2001

Se probaron dos filtros que han sido usados continuamente por dos años en un restaurante con agua de un pozo sin cloración, a fin de ver si aun podían remover microbios. Ambos filtros removieron 100 % de coliformes fecales y coliformes totales (tabla 7-3).

Tabla 7-3: microbiológica– 2-filtros del restaurante con dos años de uso

	Coliformes Fecales		Coliformes totales	
	Antes	Después	Antes	Después
Filtro 1	90	0	110	0
Filtro 2	40	0	140	0

7.3.2 Junio 2000

Se realizó un estudio comparativo para filtros hechos a mano y filtros hechos en el taller. Cuatro filtros nuevos hechos a mano (BO-1 hacia BO-4) fueron comparados con dos filtros nuevos del taller (662, 5670.). Adicionalmente en este estudio se comparan filtros con y sin aplicación de plata coloidal. Todos los filtros (tanto los hechos a mano como los hechos en el taller) con plata coloidal removieron 100 por ciento de los cuatro indicadores microbiológicos (tabla 7-4). Todos los filtros sin plata coloidal removieron 100% de los estreptococos fecales. Los filtros hechos a mano sin plata coloidal presentaron una menor eficiencia que los filtros sin plata coloidal hechos en el taller. Lo cual indica que ni el tamaño del poro es mayor, o que la uniformidad es menor, en el filtro hecho a mano, y que la plata coloidal es necesaria para remover las bacterias que la cerámica no remueve.

Los resultados aquí obtenidos comparando filtros con o sin plata son similares a los resultados presentes en las tablas 5-8 y 6-3.

Tabla 7-4: Prueba microbiológica – filtros hechos a mano y en el taller con y sin plata coloidal.

Numero de filtro	plata	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Streptococcus fecales	<i>E. coli</i>
Agua inicial		3,000	250	245	250
BO-1	Si	0	0	0	0
BO-2	Si	0	0	0	0
BO-3	No	170	45	0	0
BO-4	No	300	45	0	45
5662	Si	0	0	0	0
5670	No	15	0	0	0

7.3.3 Junio 2000

Un ONG que trabaja en Malpaisillo, Nicaragua adquirió filtros y entrenó a mujeres de la localidad para producir los recipientes. Pasado tres meses, el ONG recolectó muestras y las llevó luego al CIRA-UNAN para analizarlas. Aunque es desconocido como se recogieron y preservaron las muestras, el filtro probado removió la mayoría de los cuatro indicadores microbiológicos.

Tabla 7-5: Prueba microbiológica– Filtros en Malpaisillo

	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>E. coli</i>	Streptococcus fecales
Agua de pozo antes de la filtración.	170	20	10	20
Después de la filtración	2	0	0	3

7.3.4 Diciembre 1999

En Diciembre de 1999, el CIRA-UNAN condujo un estudio de prueba con la búsqueda de un filtro que tuvieron 4 años de uso, y tres filtros con diferentes métodos de limpieza del recipiente. El filtro de 7 años removió 100 por ciento de coliformes totales y coliformes fecales, pero también se produjo un pequeño incremento en lo contaminación por estreptococos fecales (tabla7-6). Es de hacer notar que antes del año 2000, solo 1 ml de 3.2 por ciento de Microdin plata coloidal era aplicado al filtro para la desinfección. En el 2000 la cantidad era el doble, a fin proveer de un margen adicional de seguridad.

Los filtros con recipientes limpiados con cloro y detergente ; Extran! removieron 100 por ciento de los tres indicadores microbiológicos. El filtro limpiado con detergente líquido tuvo una pequeña contaminación con coliformes totales y fecales. Estos datos destacan la necesidad de buenas prácticas de limpieza de los recipientes que emplean las familias en el campo.

Tabla 7-6: Prueba microbiológica. Filtro de 7 años de uso y métodos de limpieza.

	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Streptococcus Fecales
Control	87,000	13,000	7
Filtros con 7 años de uso	0	0	11
R-213 Con recipiente limpiado con cloro	0	0	0
R-83 Con recipiente limpiado con detergente (líquido)	1	1	0
R-215 Recipiente limpiado con Extran (sólido)	0	0	0

7.3.5 Agosto/ septiembre 1999

En agosto de 1999, la nueva prensa para moldear los filtros fue utilizada por primera vez en el proceso de manufactura de la fábrica. Antes de este momento todos los filtros eran hechos a mano. Ocho filtros del primer batch hecho con la prensa fueron probados para determinar si la prensa producía filtros que respetaban los estándares microbiológicos. Cada uno de los filtros fue probado dos veces. Todos los filtros removieron al menos 98% de los indicadores microbiológicos, y mas de la mitad removieron 100 por ciento de estos (tabla 7-7).

Adicionalmente, se encontró en las muestras, un aumento en el pH, correspondiente con la cerámica, el cual se correlacionó con el resultado obtenido en otro punto de este estudio.

Tabla 7-7: Prueba Microbiológica– ocho filtros prensados

Filtro	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Streptococcus fecales	<i>E. coli</i>	pH	Conductividad
Control	79,000	68,000	2,800	550	7.75	1090
R-83	0	0	0	0	8.22	1146
R-128	100	0	0	0	8.34	1122
R-168	0	0	0	0	8.39	1084
R-213	0	0	0	0	8.33	1154
R-214	0	0	0	0	8.34	1072
R-215	0	0	0	0	8.32	1165
R-223	0	0	0	0	8.34	1176
R-308	0	0	0	0	8.09	1149
Control	47,000	46,500	2,230	46,500	8.15	1132
R-83	0	0	1	0	8.39	1085
R-128	50	0	8	0	8.42	1061
R-168	0	0	4	0	8.43	1075
R-213	0	0	1	0	8.4	1052
R-214	0	0	0	0	8.49	1076
R-215	0	0	1	0	8.41	1043
R-223	100	50	3	50	8.19	1125
R-308	700	0	11	0	8.3	1143

La velocidad de los filtros anteriores era de 5-8 litros en 7-9 horas. Adicionalmente, los técnicos de laboratorio notaron crecimiento de hongos en la parte externa del filtro, y bacterias en una placa de cultivo que no correspondían con ninguna de los grupos anteriores. El crecimiento en la parte externa del filtro se atribuye al hecho de que no se haya aplicado plata coloidal en la parte externa de estos filtros. Estudios posteriores de cultivos de bacterias en placas de cultivo fueron conducidos en este estudio y sus resultados son presentados en la sección 7-1.

7.3.6 Febrero 1999 / Abril 1999

Después del Huracán Mitch, Se distribuyeron filtros con carácter de emergencia en la comunidad El Paso en Granada debido a que tanto el pozo como el filtro de arena en la comunidad estaban contaminados. La comunidad utilizó los filtros de cerámica para reducir la turbidez del agua de los filtros de arena, y dejaron de usar el filtro cuando el agua del filtro de arena se aclaró.

Los resultados mostraron que el filtro de arena estaba contaminado tanto en febrero como en Abril, y que el filtro promovido por CPP redujo la contaminación microbiológica.

Tabla 7-8: Prueba Microbiológica – Filtros de Arena y filtros de cerámica, febrero

	Coliformes totales	Coliformes fecales	Streptococcus fecales	<i>E. coli</i>
Filtro de Arena	130	2	4	2
Filtros de arena, luego filtro de cerámica, filtro en el laboratorio CIRA-UNAN	<2	<2	<2	
Filtro de arena, luego filtro de cerámica en el laboratorio CIRA-UNAN	0	0	2	

Tabla 7-9: Prueba Microbiológica–Filtro de arena y filtro de Cerámica, Abril

	Coliformes totales	Coliformes fecales	Streptococcus fecales	<i>E. coli</i>
Filtro de arena	210	50	2	15
Filtro de arena y filtro de cerámica 1 en el laboratorio de CIRA-UNAN	<2	<2	<2	
Filtro de arena y filtro de cerámica 2 en el laboratorio de CIRA-UNAN	13	<2	<2	
Filtro de arena y filtro de cerámica 3 en el laboratorio de CIRA-UNAN	80	6	2	2

7.3.7 Mayo 1992

Se probaron seis nuevos filtros que fueron moldeados en un torno para cerámica. Estos filtros tenían 10 ml de solución de Microdin plata coloidal al 0.32 por ciento, aplicados en 250 ml de agua. Todos los filtros removieron 100 por ciento de los coliformes fecales.

Tabla 7-10: Prueba Microbiológica – Filtros torneados a mano.

Numero de filtro	Coliformes Fecales / 100 mL
1	0
1a	0
1b	0
2a	0
2b	0
5	0
Agua inicial	>300

7.4 Conclusiones y recomendaciones del estudio microbiológico de prueba.

- 1 En base a los resultados de las pruebas microbiológicas anteriormente detallados, se presentan las siguientes conclusiones.
- 2 Algunas bacterias pequeñas, que son de importancia potencial para la salud humana, pasaron a través del filtro cuando se le aplicaron pruebas en el laboratorio del CIRA-UNAN. Los resultados del resumen de los datos históricos, muestran claramente que muchos filtros diseñados a lo largo de los años removieron 98-100 por ciento de las bacterias indicadoras de contaminación presentes en las fuentes de agua.
- 3 Estudios de filtros que tenían de 2 a 7 años de uso, indicaron que los filtros aun eran efectivos en la remoción de contaminantes microbiológicos. Lo cual indica que la plata coloidal no “se deteriora”, y que con un mantenimiento adecuado, no parece ser necesario reaplicar plata coloidal. En la actualidad, la recomendación de CPP es reaplicar la plata coloidal al filtro una vez al año. Lo cual no parece ser necesario según los datos del laboratorio. Sin embargo, la reaplicación de plata coloidal provee un factor de seguridad en el campo que no debe ser removido sin pruebas más extensivas.

Aunque muchas investigaciones han sido llevadas a cabo, durante este estudio se suscitaron una significativa cantidad de cuestionamientos que podrían ser investigados posteriormente. Las recomendaciones para futuros trabajos incluyen:

- 1 Aunque la recomendación de ICAITI es reemplazar el filtro cada año (Yetter, 1999) parece que la plata coloidal no se “deteriora”. Podrían ser conducidas mas investigaciones con filtros que han sido utilizados en el campo por periodos mas prologados a fin de determinar si hay un tiempo limite para el reemplazo de la plata coloidal

8 Estudio de Prueba de Arsénico.

En respuesta a los cuestionamientos en Bangladehs, CPP condujo un estudio de prueba sobre el arsénico en el filtro en Junio del 2000 en el CIRA-UNAN. Para lo cual se hizo pasar agua contaminada con arsénico a través de dos filtros, y se tomaron muestras después de la filtración cada 5 litros; el porcentaje de retención de arsénico decreció significativamente con el volumen de muestras, y la prueba se discontinuó después de la filtración de 20 litros para el caso del filtro con plata coloidal, y 10 litros para el caso del filtro sin plata coloidal. De manera que se retuvo mas arsénico en el filtro con plata coloidal (tabla 8-1). Una hipótesis en este respecto, es que la pequeña cantidad de carbón activado que está presente en el fondo del filtro debido al proceso de quema, retiene el arsénico. Sin embargo esta cantidad de carbón es pequeña, y por lo tanto solo una cantidad pequeña cantidad de arsénico puede ser retenida antes de que el carbón se sature.

A partir de estos resultados, queda claro que el filtro no removió arsénico, y que por lo tanto su uso no sería apropiado en Bangladesh sin realizar algunas modificaciones.

Tabla 8-1: Resultados de las pruebas con Arsénico

Con Plata		Sin Plata	
Volumen	Retención of Arsénico	Volumen	Retención of Arsénico
5 Litros	88.75 porciento	5 Litros	81.79
10 Litros	82.05 porciento	10 Litros	63.06
15 Litros	65.23 porciento		
20 Litros	58.78 porciento		

9. Estudio de prueba de Pesticidas y Compuestos Orgánicos Volátiles.

Los pesticidas son usados ampliamente dentro de Nicaragua, y el envenenamiento por pesticidas en trabajadores de la agricultura esta muy extendido (McConnell, 1993). Adicional a ello, Keifer (1996) determinó que solo un tercio de las personas envenenadas con pesticidas en Nicaragua se reportan en el registro regional de envenenamientos con pesticidas. Keifer (1996) declaró que "los casos no reportados de envenenamiento por pesticidas disfrazan la enormidad del problema en los países en desarrollo".

Debido a lo extenso que es el uso de los pesticidas en la agricultura, se han efectuados estudios para investigar los niveles residuales de los pesticidas en el ambiente. Castilho (2000) encontró altas concentraciones de pesticidas en la época seca en contraste con la época lluviosa. También encontró DDT, DDD, DDE, y el toxafeno con los residuos organoclorados más comunes en el agua y los sedimentos, mientras endrin, aldrin, dieldrin, y lindano (gamma-BHC) se encontraron más frecuentemente en las agua proveniente de ríos y pozos. Calero (1993) también encontró altas concentraciones de DDT, y sus metabolitos DDD y DDE, en peces. En correspondencia a la salud humana, Dorea (2001) encontró niveles de DDE, DDT, dieldrin, y heptacloro en sangre del cordón umbilical de las madres y sus neonatos (bebés).

Las investigaciones anteriormente citadas detallan tanto el problema de los pesticidas y los pesticidas que se ven más comúnmente en Nicaragua. En correspondencia con la contaminación de las potenciales fuentes de agua potable, es importante determinar si el filtro promovido por Ceramistas Por La Paz (CPP) es capaz de remover pesticidas.

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son compuestos constituidos primariamente de átomos de carbono, hidrogeno y átomos de halógenos (cloro, bromo). Estos son ampliamente utilizados en la industria con el objetivo de servir de aditivos solventes para lavado en seco, y para procesos de manufactura. Aunque ninguna investigación se encontró en la literatura acerca de los niveles ambientales de COV en Nicaragua, muchas agencias se han aproximado a la organización de ceramistas por la paz, a fin de saber si el filtro CPP es capaz de remover pesticidas.

9.1 Estudios de prueba de pesticidas.

Se obtuvo una "mezcla TCL de pesticidas" estándar que contiene 2000 µg/l de diecisiete pesticidas comunes y productos de degradación de pesticidas a través de la suplidora Supelco (tabla 9-1). Se mezclaron veinte litros de la solución de pesticidas de interés a una concentración de 100 µg/l con este estándar en los Laboratorios de MIT, usando como diluyente agua tratada con osmosis revertida, destilación, intercambio iónico, y finalmente remoción total del carbono orgánico. Paralelamente se investigó las formulas moleculares, pesos moleculares, y la vida media de esos pesticidas a fin de proveer una estructura para la potencial correlación con la eficiencia de remoción (tabla 9-1). Cabe señalar que endrin, heptacloro, metoxicloro, DDT, y gama-BHC pueden ser removidos a través de la activación del carbono granulado.

Tabla 9-1: Pesticidas empleados en el estudio (Información obtenida de Vershueren 1996)

Pesticida	Formula molecular	Peso molecular	Vida media	Uso
<i>aldrin</i>	C ₁₂ H ₈ Cl ₆	364.93	185 horas	Insecticida, fumigante
<i>alpha-BHC</i>	C ₆ H ₆ Cl ₆	290.85		insecticida
<i>beta-BHC</i>	C ₆ H ₆ Cl ₆	290.85		insecticida
<i>gama-BHC</i>	C ₆ H ₆ Cl ₆	290.85	4,590 horas	insecticida
<i>delta-BHC</i>	C ₆ H ₆ Cl ₆	290.85		insecticida
<i>4,4'-DDE</i>	C ₁₄ H ₈ Cl ₄	319.05	En un recipiente sellado: 0% remoción después de 8 semanas	Producto militar. impureza de DDT.
<i>4,4'-DDT</i>	C ₁₄ H ₉ Cl ₅	354.5	74 horas	insecticida
<i>dieldrin</i>	C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O	381	12,940 horas	Insecticida. Estiomero de endrin.
<i>endosulfano I</i>	C ₉ H ₆ Cl ₆ O ₃ S	406.9	En un recipiente sellado: 100% remoción en 4 semanas	Insecticida
<i>endosulfano II</i>	C ₉ H ₆ Cl ₆ O ₃ S	406.9	En un recipiente sellado: 100% remoción en cuatro semanas	Isómero de endosulfan I
<i>endosulfano sulfato</i>	C ₉ H ₆ Cl ₆ O ₄ S	422.9		Producto de degradación en el endosulfano
<i>endrin</i>	C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O	380.90		Insecticida, estiomero de endrin.
<i>endrin aldehido</i>				
<i>endrin cetona (ketone)</i>				
<i>heptacloro</i>	C ₁₀ H ₅ Cl ₇	373.34	En un recipiente sellado: 100% remoción en dos semanas	Insecticida
<i>Heptacloro epoxido</i>	C ₁₀ H ₅ Cl ₇ O	389.30	En un recipiente sellado: 0% remoción en ocho semanas	Producto de degradación del heptacloro.
<i>metoxicloro</i>	C ₁₆ H ₁₅ Cl ₃ O	345.65		Insecticida.

Dos filtros fueron probados con esta concentración de pesticida: (1) un filtro nuevo con plata coloidal y (2) un filtro que fue utilizado en una casa en Jiguina, Nicaragua (Hogar 5 del reporte 2) durante 18 meses y luego fue transportado a Estados Unidos. Se tomaron las muestras del filtro nuevo después de la filtración de tres litros de agua con pesticidas agregados y de ambos filtros después de la filtración de 8.5 litros de esa agua de prueba. También se tomó una muestra con una concentración conocida de 100 µg/l. Se colocaron las muestras en hielo y se enviaron a los laboratorios Toxikon en Massachusetts, en donde se les aplicó análisis para pesticidas utilizando el método 608 de la USEPA.

Los resultados de este muestreo (tabla 9-2) no son concluyentes. En primer lugar el valor estándar establecido para introducir al filtro se proyectó para que fuese 100 µg/l. Tal como se ve en los resultados de los análisis de laboratorio aplicados al estándar, el valor introducido oscila en el rango de 6-49 µg/l. Esto indica problemas con la mezcla de pesticida en sí misma, con el mezclado de la mezcla en la disolución, con pérdidas de pesticidas en el proceso, o con los análisis de laboratorio.

Tabla 9-2: Resultados de estudio de prueba en dos filtros.

Pesticida	Filtro nuevo 3 Litros (µg/L)	Filtro nuevo 8.5 Liters (µg/L)	Filtro usado 8.5 Liters (µg/L)	Estandar inicial (µg/L)
<i>aldrin</i>	ND ¹	ND	ND	6.9
<i>Alfa-BHC</i>	22	31	15	34
<i>beta-BHC</i>	20	30	19	32
<i>gama-BHC</i>	20	31	16	32
<i>delta-BHC</i>	21	45	28	49
<i>4,4'-DDE</i>	ND	ND	ND	9.0
<i>4,4'-DDT</i>	ND	ND	ND	6.4
<i>dieldrin</i>	ND	ND	0.06	12
<i>Endosulfano I</i>	0.07	2.9	0.41	11
<i>Endosulfano II</i>	ND	4.3	0.31	14
<i>endosulfano sulfato</i>	0.52	17	3.8	17
<i>Endrin</i>	ND	ND	0.23	15
<i>endrin aldehido</i>	0.28	3.0	1.0	29
<i>endrin cetona (ketone)</i>	2.7	17	6.4	14
<i>Heptacloro</i>	ND	ND	0.072	6.2
<i>Heotacloro epóxido</i>	0.070	3.8	0.43	11

1. No detectado. Limite de detección 0.04 o 0.10 µg/l

Adicionalmente, los pesticidas que no fueron detectados en el agua filtrada a través del filtro nuevo y el usado no se correlacionaron con el tamaño o con la vida media, en cambio si hubo correlación con la baja concentración de pesticidas en el agua antes de la filtración. Por lo tanto no se puede determinar ninguna correlación entre la tasa de remoción y el peso molecular o la vida media.

El único resultado que es de interés es que todos los pesticidas que fueron detectados tenían una tasa de remoción mas baja en el nuevo filtro después 8.5 litros que a 3 litros. Indicando esto, que ocurre una escape de pesticidas en el filtro, aunque este señalamiento es muy débil si se toma en consideración la calidad de los resultados. Se recomiendan mas pruebas de pesticidas para determinar la tasa retención y la posible fugas de pesticidas.

9.2 Estudios de pruebas de Compuestos Orgánicos Volátiles.

Se obtuvo una mezcla estándar de COV que contiene 2000 µg/l de 54 COV comunes a través de la suplidora Supelco (tabla 9-3). Se prepararon 20 litros de una solución de 100 µg/l de este COV estándar en los laboratorios de MIT, usando agua tratada con osmosis inversa, destilación, intercambio iónico, y finalmente remoción total del carbono orgánico. Se investigó las formulas moleculares, pesos moleculares, y los valores de la presión de vapor de cada uno de los COV en la mezcla a fin de proveer una estructura para la potencial correlación con la eficiencia de remoción de cada uno de los compuestos individuales.

Tabla 9-3: COV utilizados en el estudio de prueba (Datos obtenidos de Verchuren, 1996?)

Compuestos orgánicos volátiles	Formula molecular	Peso Molecular	Presión de Vapor (mm Hg, 20 C)	Uso
Benzeno	C ₆ H ₆	78.11	76	Industrial
Bromobenzeno	C ₆ H ₅ Br	157.02	3.3	Solvente , aditivo
Bromoclorometano	CH ₂ BrCl	129.38		Extintor de fuego, solvente, liquido pesado
Bromodichlorometano	CHBrCl ₂	163.8		Lavado en seco, industrial
Bromoformo	CHBr ₃	252.77	5.6 (25 C)	Solvente, manufactura
Tetracloruro de carbono	CCl ₄	153.82	90	Industrial
Clorobenzeno	C ₆ H ₆ Cl	112.56	8.8	Fumigante de suelo, nematocida.
Cloroformo	CHCl ₃	119.38	160	Solvente , refrigerante, aditivo
Cis 1,3-dicloropropano	C ₃ H ₄ Cl ₂	110.97	43 (25 C)	Manufacturación
Cis-1,2-dicloroetileno	C ₂ H ₂ Cl ₂	96.95	200 (25 C)	
Dibromoclorometano	CHBr ₂ Cl	208.3		Manufacturación, solvente, constituyente de asfalto
Dibromometano	CH ₂ Br ₂	173.83		Solvente, liquido industrial
Etilbenzeno	C ₈ H ₁₀	106.17	7	Manufacturación, catalizador, gasolina
Hexaclorobutadieno	C ₄ Cl ₆	261	22 (100 C)	En gasolina

Isopropilbenceno	C ₉ H ₁₂		3.2	Disolvente de pintura, manufacturación
m-exileno	C ₈ H ₁₀	106.16	6	Refinamiento de petróleo.
Cloro metileno	CH ₂ Cl ₂	84.93	349	Manufacturación, solventes, constituyente de asfalto.
m-butilbenceno	C ₁₀ H ₁₄	134.21	1 (23 C)	Refinamiento de petróleo
n-propilbenceno	C ₉ H ₁₂	120.19	2.5	Destilación de petróleo
Naftaleno	C ₁₀ H ₈	128.16	1 (53 C)	
o-oxileno	C ₈ H ₁₀	106.17	5	En gasolina
p-isopropiltolueno				
P-exilenosec-butilbenceno	C ₈ H ₁₀	106.17	6.5	Manufacturación de plásticos
Estireno	C ₁₀ H ₁₄	134.21	1.1	
Tera-butilbenceno	C ₈ H ₁₀	104.14	5	
Tetracloruro de eteno	C ₁₀ H ₁₄	134.21	1.5	Fumigante de suelo
Trans 1,3-dicloropropano				Solvente
Trans 1,2-dicloroetileno	C ₃ H ₄ Cl ₂	110.97	34	
Tricloro etileno (TCE)	C ₂ H ₂ Cl ₂	96.95	200 (14 C)	Lavado en seco, solventes, refrigerantes.
1,1-dicloroetano	C ₂ HCl ₃	131.5	60	Cloruro de vinil, solvente, desengrasante.
1,1-dicloroetileno	C ₂ H ₄ Cl ₂	98.96	180	Adhesivo, fibras sintéticas
1,1 dicloropropano	C ₂ H ₂ Cl ₂	96.95	500	
1,11,-tricloroetano	C ₃ H ₄ Cl ₂	110.97		Desengrasante, solvente, adhesivo.
1,1,1,2-tetracloroetano	C ₂ H ₃ Cl ₃	133.41	100	
1,1,2-tricloroetano				Solvente
1,1,2,2-tetracloroetano	C ₂ H ₃ Cl ₃	133.41	19	Manufacturación, solvente
1,2-dibromo-3-	C ₂ H ₂ Cl ₄	167.86	5	Fumigación de suelo, nematocida
Cloropropano	C ₃ H ₅ Br ₂ Cl	236.35	0.8	
1,2-dibromometano	CH ₂ Br ₂	173.83		
1,2-diclorobenceno	C ₆ H ₄ Cl ₂	147.01	1	Manufactura, solvente, fumigante
1,2-dicloroetano	C ₂ H ₄ Cl ₂	99	61	Manufactura, tabaco, condimento
1,2-dicloropropano	C ₃ H ₆ Cl ₂	112.99	42	Intermediario, lead scavenger
1,2,3 ticloropropano	C ₆ H ₃ Cl ₃	181.46	0.3	Solvente, enfriador
1,2,4-triclorbenzeno	C ₁₂ H ₆ Cl ₃ NO ₃	318.5		Herbicida

1,2,4-triclorobenzeno	C ₆ H ₃ Cl ₃	181.46	0.3	Solvente, fluido dieléctrico
1,2,4-trimetilbenzeno	C ₉ H ₁₂	120.19		Manufacturación, gasolina
1,3-diclorobenzeno	C ₆ H ₄ Cl ₂	147.01	2.3	
1,3-dicloropropano.	C ₃ H ₆ Cl ₂	112.99		
1,3,5-trimetilbenzeno.	C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	120.19		Intermediate
1,4-diclorobenzeno	C ₆ H ₄ Cl ₂	147.01	0.6	Repelente de polilla, aromatizador
2-clorotolueno	C ₇ H ₇ Cl	126.58	2.7	Solvente, intermediario
2,2-dicloropropano	C ₃ H ₆ Cl ₂	112.99		
4-clorotolueno.	C ₇ H ₇ Cl	126.59		

Dos filtros fueron probados con esta concentración de COV: (1) un filtro nuevo con plata coloidal y (2) un filtro que fue utilizado en una casa en Jiguina, Nicaragua (Hogar 5 del repote 2) durante 18 meses y luego fue transportado a Estados Unidos. Se tomaron las muestras del filtro nuevo después de la filtración de tres litros de agua intencionalmente contaminada para este estudio, y de ambos filtros después de la filtración de 7 litros de agua igualmente contaminada. También se tomó una muestra con una concentración conocida de 100 µg/l. Se colocaron las muestras en hielo y se enviaron a los laboratorios Toxikon en Massachusetts, en donde se les aplicó análisis para pesticidas utilizando el método 524 de la USEPA.

Los resultados del estudio de los COV son similares a los resultados del estudio de pesticidas. Los valores de laboratorio para el estándar fueron muy cercanos al proyectado que era 100 µg/l, con valores oscilando aproximadamente entre 50-100 µg/l. Algunos químicos no fueron detectados, sin embargo, esto podría ser un resultado del hecho de que en esta serie de compuestos es difícil separar los picos en el GC.

Los porcentajes de remoción variaron en dependencia del compuestos, pero en general, menos COV fueron removidos después de siete litros en el filtro nuevo que a los tres litros (tabla 9-4). Indicando lo anterior que ocurre algo de escape en este mismo, aunque hasta siete litros un buen porcentaje de los COV es removido. Como en el estudio de pesticidas, el filtro ya usado, después de la filtración de siete litros lo hace un poco mejor (remoción de COV) que el filtro nuevo después de haber filtrado este mismo volumen.

Tabla 9-4: Resultados del estudio de prueba con COV en dos Filtros.

Compuesto organico volátil	Porcentaje de Remoción			Estándar
	Filtro usado (7 litros)	filtro nuevo (3 L)	Filtro nuevo(7 Litros)	
Benceno	6.5	7.4	14	56
Bromobenzeno	3.6	7.3	9.9	87
Bromoclorometano	26	ND ¹	43	82
Bromodiclorometano	16	30	30	65
Bromoformo	16	29	30	100
Tetracloruro de carbono	0.7	1.5	2.4	38
Clorobenzeno	3.4	5.8	7.9	70
Cloroformo	10	ND	18	58

Cis 1,3-dicloropropano	17	30	33	80
Cis-1,2-dicloroetileno	10	ND	19	66
Dibromoclorometano	12	17	18	34
Dibromometano	27	58	49	79
Etilbenzeno	1.4	2.2	3.7	60
Hexaclorobutadieno	ND	ND	0.51	73
Isopropilbenzeno	0.73	1.3	2.3	54
m-exileno	2.6	4.8	6.7	110
Cloro metileno	190	13	25	58
m-butilbenzeno				
n-propilbenzeno	0.59	1	1.7	61
Naftaleno	7.4	13	9.7	100
o-oxileno	2.1	3.8	5.3	61
p-isopropiltolueno				
P-exilenosec-butilbenzeno				
Estireno	ND	0.57	1.3	47
Tera-butilbenzeno	2.5	5.0	7.9	83
Tetracloruro de eteno	0.53	0.97	2.2	62
Trans 1,3-dicloropropano	0.66	1.3	1.9	48
Trans 1,2-dicloroetileno	20	40	39	ND
Tricloro etileno (TCE)	3.6	ND	7.5	49
1,1-dicloroetano	4.4	10	9.6	51
1,1-dicloroetileno	7.5	1.2	14	56
1,1 dicloropropano	0.88	ND	2.6	32
1,11,-tricloroetano	1.0	1.6	3.1	39
1,1,1,2-tetracloroetano	1.9	2.4	4.8	45
1,1,2-tricloroetano	7.6	11	14	88
1,1,2,2-tetracloroetano	28	58	53	ND
1,2-dibromo-3-	15	25	24	70
Cloropropano	13	32	25	90
1,2-dibromometano	14	26	24	70
1,2-diclorobenzeno	2.4	5.8	7.5	81
1,2-dicloroetano	2	26	40	76
1,2-dicloropropano	15	22	27	62
1,2,3 ticloropropano	2.5	4.4	5	85
1,2,4-triclorbenzeno	17	33	27	87
1,2,4-triclorbenzeno	2	3.5	3.9	90
1,2,4-trimetilbenzeno	1.4	2.4	2.9	69
1,3-diclorobenzeno	1.6	3.5	5.2	70
1,3-dicloropropano.	ND	ND	ND	ND
1,3,5-trimetilbenzeno.	0.87	1.7	2.6	63
1,4-diclorobenzeno	1.7	3.6	5.1	72
2-clorotolueno	1.4	2.5	4.0	54
2,2-dicloropropano	1.5	ND	3.0	33

4-clorotolueno	1.8	3.2	4.5	63
----------------	-----	-----	-----	----

1. No detectado. Limite de detección 0.50 µg/l .

Aunque esta información no es concluyente, es indicativa de que un porcentaje de la concentración de COV es removida al menos en los tres primeros litros que fluyen a través del filtro CPP. Mas análisis son necesarios para determinar tasas de remoción sobre periodos de flujo o filtración mas extendidos.

9.1 Conclusión del estudio de Pesticidas/COV. Recomendaciones para próximos estudios.

En base a los resultados de la investigación de COV/pesticidas que anteriormente se explicó, se presentan las siguientes conclusiones:

- 1 La información no es concluyente, pero la tendencia general hace ver que menos pesticidas y COV son removidos en la medida que mas agua contaminada es filtrada a través del filtro de CPP. Lo cual indica que tanto los COV y los pesticidas alcanzan a escaparse de filtro.

Aunque muchas investigaciones fueron llevadas a cabo, una significativa cantidad de preguntas se suscitaron durante este estudio las cuales podrían ser investigadas en estudios futuros. Las recomendaciones para estudios futuros incluyen:

- 1 El dato del muestreo de pesticidas y COV no fue el ideal. Los valores del estándar no correspondieron con los niveles esperados, y en base en esto es difícil determinar las tasas de remoción. Se necesitan más estudios, con compuestos específicos de interés sobre un tiempo mas extendido de filtración, antes de que se puedan presentar resultados concluyentes.

10. Estudio de prueba con Protozoos y Virus.

Aunque la mayoría de los estudios de indicadores microbiológicos se enfocan en las bacterias y los indicadores bacterianos. Los Virus y Protozoos en el suministro de agua también causan efectos a la salud humana. Estudios de prueba usando protozoos y virus fueron conducidos en Analytical Service, Inc, un laboratorio para análisis microbiológicos, investigaciones y consulta en Willston, Vermont, USA.

10.1 Protozoos: *Giardia Lamblia* y *criptosporidium parvum*.

Los tres protozoos mas prevalecientes en el intestino son *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*, y *Entamoeba histolytica* (Girwood, 1995), juntos, estos tres agentes causan mas de un billón de infecciones y mas de un millón de muertes anuales. Arriba del 20 por ciento de niños en los países en desarrollo transporta *Giardia lamblia*. Este problema sin embargo no esta limitado a los países en desarrollo. En los Estados Unidos *Giardia lamblia* es la causante más común de aumento súbito enfermedades que se transportan a través del agua, aunque *Cryptosporidium parvum* infecta un gran número de personas en los mayores surgimientos súbitos (Casemora, 1995). Tanto *Giardia lamblia* como *Cryptosporidium parvum*, no son inactivado por el cloro, por lo tanto la filtración es el método de elección para el tratamiento de agua de potable (Hall, 1995). Pressdee (1995) determinó que para alcanzar un 90 por ciento de reducción de *criptosporidium parvum*, este debe ser expuesto a una concentración de 3 g/l de cloro por 1440 minutos. Adicionalmente, son necesario 30-630 mg/min/l de cloro a fin de reducir *Giardia Lamblia* en un 99 por ciento; Este largo tiempo de exposición al cloro incrementa el costo del tratamiento de suministro de agua por un factor de 4-5.

La epidemia mas grande en los Estados Unidos, debida a protozoos, ocurrió recientemente. En 1993, 403, 000 personas en Milwaukee, Wisconsin, tomaron agua cuya calidad cumplía con todas las normas estatales y federales, contrajeron *criptosporidium* (Dais, 1995). La concentración de *Cryptosporidium parvum* en el agua de beber contaminada en Milwaukee era 6.7-13.2 quistes / 100 litros de agua. Esta concentración es extremadamente baja, y suscita el cuestionamiento de cómo se puede muestrear de manera efectiva un agua con protozoos cuando en esta se encuentra una concentración de solo 6-13 quistes por 100 litros de agua.

El ciclo de vida de estos dos tipos de protozoos es similar. Los Protozoos del genero *Giardia* son flagelados con un disco adhesivo en la superficie ventral achatada de sus cuerpos (Kulda, 1978). Tienen un tamaño aproximado de 7 micrones, y se presentan en dos formas: Quistes y trofositos. Los trofositos viven en la región duodenal y jejunal del intestino delgado de los animales y los quistes (forma de quistes) antes de ser desechados en las heces. Cuando es ingerido por un nuevo huésped, el cyst excyst (from back into a trofozoide) después de pasar a través del estomago y alcanza el intestino delgado.

En dependencia de los estándares de higiene en una comunidad, la incidencia de giardiasis varia entre 1-30 por ciento (Kulda, 1978), Esto es mas frecuente entre los niños, y es adquirido tanto por ingestión de quistes en alimentos contaminados y agua o por contacto fecal entre una persona y otra. Un total de 10-100 quistes son necesarios para iniciar una infección. Sin embargo, un mililitro de heces de pacientes sintomáticos contiene mas de 300 millones de quistes. Los quistes no sobreviven a la desecación, pero se mantienen disponibles en ambientes húmedos o en agua durante un tiempo mayor a 3 meses. Las

temperaturas superiores a los 50 grados Celsius matan a los quistes, pero pueden sobrevivir corto tiempo en congelación. La *Giardia* es muy resistente a la desinfección a base de cloro, al menos 10 por ciento de quistes son eliminados después de 24 horas de exposición a 1-3 por ciento de cloramina. Flagyl es el antibiótico preferido para tratar la giardiasis en humanos.

Cryptosporidium parvum, son parásitos cocoides con amplia distribución mundial que es transmitido en el estado de oocyst por la vía ruta fecal-oral (Girdwood, 1995). Este es resistente para muchos procesos de tratamientos de agua, y se ha reconocido al ganado como su componente zoonótico. Los oocyst tienen un diámetro de cinco micrones, y liberan esporozitos en el intestino delgado cuando son ingeridos por un huésped sostenible. Después de la invasión en el intestino delgado, los esporozitos experimentan multiplicación asexual y sexual sucesiva para producir oocyst que luego son excretados. No son comunes las infecciones asintomáticas en los humanos. No hay un tratamiento específico para el *Cryptosporidium*.

A razón de los costos de los análisis, las pruebas de protozoos y virus solo se realizaron para solo un filtro de los filtros promovidos por CPP. Este era un filtro nuevo con una aplicación estándar de 2 ml de Microdin Plata Coloidal al 3.2 por ciento, tanto en la parte interna como en la parte externa del filtro. Debido a que este estudio “no estaba dirigido a evaluar la variabilidad de las características entre unidades, el efecto de comprometer calidad de agua en la reducción de Protozoos o virus, el volumen efectivo de agua que puede ser tratado, y no contempla replicación del muestreo, etc” los resultados obtenidos son preliminares, y no constituyen una “publicación de calidad” (ASI, 2001).

A fin de probar el filtro con protozoos, ASI adicionó, *cryptosporidium* infecciosos, vivos y *Giardia Lamblia* a agua declorinada, prefiltrada, y desinfectada con luz ultravioleta. La dosis de prueba fue 34,000 *cryptosporidium* oocyst y 26, 000 *Giardia* Cyst. los dos organismos, fueron presentados como un coctel de dosis de pruebas. El efluente entero del filtro fue recolectado, filtrado, y analizado en concordancia con el método 1623 de la EPA, modificado para aplicación del estudio de prueba.

Los resultados de este estudio de pruebas de protozoos fueron alentadores, debido a que el filtro promovido por CPP alcanzó una reducción mayor a 4-log tanto de *Giardia lamblia* y *cryptosporidium parvum* (tabla 10-1). Esto es equivalente a porcentajes de reducción mayores a 99.99 por ciento de ambos

Tabla 10-1: Eficiencia en la remoción de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*.

Protozoario	Dosis inicial – quistes (oo)cyst aplicados en total	Efluente – Total (oo)cyst totales detectados en 7.0 Litros	Remoción logarítmica (% Remoción)
<i>Giardia lamblia</i>	340,000	18	4.3 (99.994%)
<i>Cryptosporidium parvum</i>	260,000	6	4.6 (99.997%)

Hay que enfatizar que solo un filtro de los promovidos por CPP fue sometido en este estudio de prueba para una prueba individual. Nos se realizó ninguna réplica, ni variabilidad o algo que asegurara la calidad del muestreo. Sin embargo este resultado era esperado basándose en el tamaño del poro determinado por análisis en el que se empleo el microscopio electrónico escaneador. El tamaño de poro dentro del filtro

varía entre 0.6-3.0 micrones. Tres micrones corresponde al límite máximo para asegurar la filtración de *Cryptosporidium occyst*, el cual puede ser mas pequeño al tamaño promedio de 5 micrones (Paul Warden, ASI, comunicación personal, 20-12-01) Giardia cyst es un organismos un poco mas pequeños y todos tienen una forma oval, oscilando en tamaños de 5-7 micrones. Por lo tanto, si el tamaño del poro se mantiene en un máximo de tres micrones, es de esperar que el filtro promovido por CPP pueda remover un porcentaje significativo de estos protozoos. Para asegurar esta expectativa, se requiere un estudio completo con una variedad de filtros en el que se incorpore seguridad en la calidad y la replicación de los muestreos.

10.2 Virus

Los virus, por otro lado, son más pequeño, debido a que ellos no contienen su propio material de replicación. En correspondencia a su pequeño tamaño (0.02-02 micrones), es de esperar que el tamaño del poro de los filtros promovidos por CPP no fuera lo suficientemente pequeño para atrapar virus. La tasa de remoción de los virus por lo tanto depende de la inactivación debida a la interacción con plata coloidal, u otro efecto tal como la atracción electrostática a la cerámica.

El MS2 colinfago es un bacteriófago (un virus que infecta células bacterianas y no células animales). El MS2 colinfago tiene un tamaño aproximado que oscila entre 0.025-0.027 micrones, y es comúnmente usado en estudios de pruebas debido a que es relativamente fácil de propagar, su análisis de puede efectuar rápidamente, y no es un patógeno humano (Warden, comunicación personal, 12-2001). ASI probó el filtro promovido por CPP con una concentración influyente de 4900 PFU/ml de agua. Una muestra efluente fue tomada después de 30 minutos de filtración, y una segunda muestra del efluente de agua después de filtración fue tomada después de seis horas de filtración. Después de seis horas, el filtro falló en la reducción de mas del 0.09 log (reducción mas de 18.7 por ciento) en la concentración de MS2 (tabla 10-2).

Tabla 10-2: Eficiencia en la remoción de MS2 Colinfago

Tiempo de muestreo	Influyente (PFU/mL)	Efluente (PFU/mL)	Remoción logarítmica (% remoción)
T-30 minutes	4900	1500	0.5 (68.4%)
T-6 hours	No hay muestra	4,000	0.09 (18.7%)

La deficiencia en la capacidad de reducción puede ser atribuida al hecho de que MS2 colinfago es significativamente más pequeño que el tamaño promedio del poro del filtro promovido por CPP. Son necesarias investigaciones posteriores sobre la capacidad del filtro de remover e inactivar virus, usando virus reales transportados por el agua e investigando a su vez el rol de la plata coloidal en la inactivación en los filtros.

10.3 Pruebas de Protozoos/ Virus, Conclusiones y Recomendaciones Para Investigaciones Posteriores.

Basándose en los resultados del estudio de Virus y protozoos anteriormente descrito se concluye:

- 1 Los resultados para el filtro nuevo probado con *Gardia Lamblia* y *Cryptosporidium parvum* muestran que el filtro promovido por CPP alcanza una reducción de ambos protozoos mayor a 4-log. Por lo tanto, este filtro es significativamente más efectivo en la reducción de esos dos protozoos que el cloro.
- 2 El resultado para el filtro nuevo probado con MS2 colinfago muestra que el filtro promovido por CPP logra una reducción menor a 1-log de estos virus. Por lo tanto, este filtro promovido por CPP no fue efectivo para la remoción de MS2 colinfago.

Aunque muchas investigaciones han sido llevadas a cabo, durante es estudio se suscitaron una significativa cantidad de cuestionamientos que podrían ser investigados posteriormente. Las recomendaciones para estudios posteriores incluyen:

- 1 Llevar a cabo un estudio completo asegurando la calidad del muestreo para determinar de manera mas precisa la reducción logarítmica de protozoos.
- 2 Investigación del rol de Plata Coloidal en la inactivación de virus.
- 3 Llevar a cabo un estudio de pruebas de virus en los filtros promovidos por CPP con virus realmente patógenos virales que se transportan en el agua.

11 Conclusiones y Recomendaciones.

La siguiente pagina resume las conclusiones y recomendaciones presentadas a lo largo de este reporte.

1 Investigación sobre tasa de filtración.

- El tamaño del poro del filtro promovido por CPP es de 0.6-3.0 micrones.
- El cepillado del filtro rejuvenece la tasa de filtración, y debe ser realizado periódicamente para prolongar la vida útil del filtro
- *E coli* fue removida en varios de filtros sin aplicación de plata coloidal, debido a que los poros de los filtros son los suficientemente pequeños para atrapar *E coli*. Adicionalmente, una fracción significativa de coliformes totales y fecales fue removida sin la plata coloidal, aunque esto no constituye el 100 por ciento de remoción. Por lo tanto, la plata coloidal es necesaria para completar la remoción e inactivación de las bacterias.

2 Investigación sobre la plata coloidal

- La aplicación de la plata coloidal al filtro no afecta la tasa de filtración, el pH o la conductividad del agua después de ser filtrada.
- Es necesario aplicar la plata coloidal tanto por dentro como por fuera del filtro para alcanzar 100% de la inactivación bacteriana.
- Ninguna de las muestras tomadas en las tres primeras corridas de una serie de filtros, con tasas de filtración mayores a 2 litros/hora y concentración de Microdin Plata coloidal mas alta a 5 ml, excedieron los estándares para plata en el agua potable de la USEPA o de la OMS.
- La plata coloidal manufacturada por Industri Naturopathic en los Estados Unidos no desactivó bacterias en los filtros promovidos por CPP, y se recomienda que se continúe utilizando 2 ml de la concentración industrial (3.2 por ciento) de Microdin en los filtros promovidos por CPP.
- Se probaron filtros con mas de 7 años de uso y se encontró que aun removían 100% de coliformes fecales. Indicando que la vida útil de la plata coloidal es indefinida. Sin embargo, la política de reaplicación cada año que es recomendada por CPP no debería ser abandonada sin pruebas posteriores, que provean un mayor margen de seguridad.

3 Estudios de prueba.

- Los estudios de prueba microbiológicos mostraron de manera consistente que filtros con variaciones diferentes tuvieron una reducción efectiva de indicadores bacteriológicos en el laboratorio que va desde 98-100 por ciento.
- Los datos respectivos a la prueba de Arsénico conducido por CPP mostraron un decrecimiento periódico en la tasa de remoción de Arsénicos con el aumento de la cantidad de agua utilizada en la prueba. Los resultados de las pruebas de pesticidas y COV obtenidos en este estudio son inconclusos, pero su tendencia general es la misma que la del Arsénico. N decrecimiento en la tasa de remoción con el aumento de la cantidad de agua challenge.
- El único filtro promovido por CPP que se probó, alcanzó una reducción de 4-log tanto de *Cryptosporium* y *Giardia*.
- El único filtro promovido por CPP probado no logró una reducción de 1-log del Virus bacteriofago MS2.

Basándose en estos resultados, se concluye que el filtro promovido por CPP remueve e inactiva efectivamente bacterias e indicadores bacteriológicos de organismos causantes de enfermedades. Con las modificaciones recomendadas en el reporte 2, se espera que el filtro promovido por CPP pueda remover de manera fiable estos mismos organismos en el campo. Los resultados preliminares indican que el filtro promovido por CPP también remueve protozoos pero no remueve virus, y contaminantes. Adicionalmente, se necesita una investigación para determinar el grosor de la película de plata coloidal dentro del filtro. Esto permitirá la aplicación del modelo matemático desarrollado por Ericksen (2001), y una determinación de la vida del filtro basado en la remoción de cerámica durante el proceso de cepillado. Los resultados a la fecha indican que la vida del filtro es indefinida, y que en realidad, el decrecimiento de la tasa de filtración y la ruptura son los factores limitantes sobre la vida del filtro. En base a los resultados del Reporte 1 y Reporte 2, se concluye que, con un componente educacional para los usuarios, el filtro promovido por CPP es una tecnología efectiva y apropiada que mejora tanto la calidad del agua como la salud humana.

12. Referencias.

Nota: los datos en esta sección están enlistados en el formato de Día-Mes-Año.

- Addiss, D.G., W.R. MacKenzie, N.J. Hoxie, M.S. Gradus, K.A. Blair, M.E. Proctor, J.J. Kasmierczak, W.L. Schell, P. Osewe, H. Frisby, H. Cicerello, R.L. Cordell, J.B. Rose and J.P. Davis (1995). Epidemiologic Features and Implications of the Milwaukee Cryptosporidiosis Outbreak. In: Protozoan Parasites and Water, edited by W.B. Betts, D.P. Casemore, C.R. Fricker, H.V. Smith, and J. Watkins. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom.
- AFA Guatemala, ICAITI, IDIESS/URI (1995). *Contra la morbilidad Infantil: filtros artesanales y educación*. Revista de Estudios Sociales, No. 53.
- Analytical Services, Inc. (2001). Reporte de estudio de prueba.
- Baide, Joysee Mariela Cartagena (2001). Prueba de la aceptación del filtro de cerámica impregnado con plata coloidal en el barrio El Ocotol de Guinope, Honduras. Zamorano, Carrera de Desarrollo Socioeconómica y Ambiente.
- Basu, S.K, S.R. Deb, and P.S. Aggarwal (1982). *Use of Porous Ceramics In Purification of Water*. Glass and Ceramic Bulletin. April-June Volume 29, No. 2.
- Becker, Robert O. (2000). *Effects of Electrically Generated Silver Ions on Human Cells and Wound Healing*. Electro- and Magnetobiology, 19 (1), 1 – 19.
- Bensimon, Corinne (1992). *Semillas de un árbol africano podrían reemplazar a los purificadores del agua*. Cerescopia. Marzo-Abril.
- Berger, T.J, J.A. Spadaro, S.E. Chapin, and R.O. Becker (1976). *Electrically Generated Silver Ions: Quantitative Effects on Bacterial and Mammalian Cells*. Antimicrobial Agents and Chemotherapy. Volume 9, Number 2.
- Bosche, Maria Alejandro (18-10-01). Comunicación personal.
- Calero, S., I. Fomsgaard, M.L. Lacayo, V. Martinez, R. Rugama (1993). Toxaphene and other organochlorine pesticides in fish and sediment from lake Xolotlan, Nicaragua. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. Volume 53, Issue 4, pp 297-305.
- Casemore, D.P. (1995). The Problem with Protozoan Parasites. In: Protozoan Parasites and Water, edited by W.B. Betts, D.P. Casemore, C.R. Fricker, H.V. Smith, and J. Watkins. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom.
- Castilho, J.A.A., N. Fenzl, S.M. Guillen, F.S. Nascimento (2000). Organochlorine and organophosphorus pesticide residues in the Atoya river basin, Chinandega, Nicaragua. *Environmental Pollution*, Volume 110, pp 523-533.

- (CDC) Center for Disease Control (2001). *The Safe Water System*.
<http://www.cdc.gov/safewater/contact.htm>. Accessed 15-11-01.
- (CDC) Center for Disease Control (2001a). *Safe Water System Manual*.
http://www.cdc.gov/safewater/manual/1_toc.htm. Accessed 15-11-01.
- (CESCCO) Centro de Estudios y Control de Contaminantes (15-11-1999). Informe de Analisis. Honduras.
- Chaudhuri, Maly, Sanjeev R. Verma, and Anirban Gupta (1994). *Performance evaluation of ceramic filtro candles*. Journal of Environmental Engineering. Volume 120, Issue 6.
- CIRA-UNAN (2001). Comunicación Personal con la Sub-directora Katherine Vammen y la Técnico Argentina Zelaya.
- CIRA-UNAN (Various Dates 1992 – 2001). Resultados Analíticos de Microbiología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Centro de Investigación de Recursos Acuáticos de Nicaragua.
- Cook, S.F. (1926). *Journal of General Physiology*, 9, 575.
- CRC (1997). *The Handbook of Trace Elements*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Crede, C.S.F. (1881). *Die Verhütung der Augenzündung der Neugeborene*. Arch. Gynako. Volume 17, Issue 50.
- Dorea, J.G, A.C. Cruz-Granja, M.L. Lacayo-Romero, and J. Cuadra-Leal (2001). Perinatal metabolism of dichlorodiphenyldichloroethylene in Nicaraguan mothers. *Environmental Research*, Volume 86, Issue 3, pp. 229-137.
- Earp, Steve (1992). Drinking Water and Disease Transmission Prevention in Rural and Marginalized Areas of Latin America. The Ceramic Water Filtro, A Nicaraguan Case Study. Department of Technology Education, West Virginia University. <http://www.cc.cc.ca.us/pfp/wvfiltro.htm>. Accessed 19-8-01.
- Egli, Roma (22-8-2001). Comunicación personal. Contacto en la FDA sobre la plata coloidal. Número de teléfono: 1.301.594.0070.
- Erikson, Sten (2001). Análisis del filtro de cerámica.
- Federal Register (17-8-1999). Volume 64, Number 158.
- (FDA) Food and Drug Administration (20-10-0000). *Letter to Mr. Randy Winters*. Ref. No. 01-HFD-310I-067.
- Girdwood, R.W.A. (1995). Some Clinical Perspectives on Waterborne Parasitic Protozoa. In: *Protozoan Parasites and Water*, edited by W.B. Betts, D.P. Casemore, C.R. Fricker, H.V. Smith, and J. Watkins. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom.

- Hall, T., J.R. Pressdee, and E. Carrington (1995). Removal of *Cryptosporidium* During Water Treatment. In: Protozoan Parasites and Water, edited by W.B. Betts, D.P. Casemore, C.R. Fricker, H.V. Smith, and J. Watkins. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom.
- Harvey, Reid, Ron Rivera, Jeff Rogers, Lynette Yetter. (12-1-2000). *Ceramistas por la paz, Managua, Nicaragua*. Presented at the Small Drinking Water and Wastewater Systems Conference. Phoenix, AZ.
- Hanada, K., I. Hashimoto, A. Kon, K. Kida, and R. Mita (1998). *Silver in sugar particles and systemic argyria*. The Lancet. Volume 351.
- Heinig, Charles F. Jr (1993). *Research note. O₃ or O₂ and Ag. A new catalyst technology for aqueous phase sanitation*. Ozone: Science and Engineering. Volume 15, Issue 6.
- Hugo, W.B. (1971). Inhibition and Destruction of the Microbial Cell. Academic Press, London, New York.
- Global Exchange (2001). <http://www.globalexchange.org/stores/producers/Nicaragua.html>. Accessed 11-8-01.
- Gorter, Anna Cornelia (1995). Childhood diarrhoea and its prevention in Nicaragua. CIP-DATA, Koninklijke Bibliotheek Den Haag.
- ICAITI (Central American Research Institute of Industrial Technology) (1984). *Identification and Evaluation of Design Alternatives for a Low Cost Domestic Filter for Drinking Water*.
- (IEOS) Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, Ministerio de Salud Publica (8-3-1985). Resultados de Laboratorio.
- (IEOS) Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, Ministerio de Salud Publica (5-9-1985a). Resultados de laboratorio.
- (IGSS) Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (9-15-1991). Informe de Análisis Microbiológico.
- INRH (6-6-2000). Análisis químico de Agua, Laboratorio.
- Inter American Foundation (1995), Grassroots Development Magazine.
- Jacobs, Rosemary (2001). Personal experiences with argyria. <http://homepages.together.net/~rjstan/rose5.html>. Accessed 19-8-01.
- JHC-CDCA, Jubilee House Community – Centro para el desarrollo en Centro America(2001). *Jubilee House Community*. <http://www.jhc-cdca.org/main.html>. Accessed 8-11-01.
- Katadyn (citado). *The function of the Katadyn Filtros*. Katadyn Products, Inc. Switzerland.

- Keifer, M. R. McConnell, A.F. Pacheco, W. Daniel, and L. Rosenstock (1996). Estimating Underreported Pesticide Poisonings in Nicaragua. *American Journal of Industrial Medicine*. Volume 30, Issue 2, pp 195-201.
- Kulda, Jaroslav and Eva Nohynkova (1978). Flagellates of the Human Intesting and of Intestines of Other Species. In: Parasitic Protozoa: Volume II Intestinal Flagellates, Histomonads, Trichomonads, Amoeba, Opalinids, and Ciliates. Edited by Julius P. Kreier. The Ohio State University, Academic Press.
- Laboratorio de Microbiología de Alimentos (21-7-1986). *Ministerio de Prevención Social y Salud Publica*. La Paz, Bolivia.
- Lantagne, Daniele (2001a). *Investigation of the Potters for Peace Colloidal Silver Impregnated Ceramic Filtro, Report 2: Field Investigations*. Alethia Environmental.
- Lantagne, Daniele (2001). *Trihalomethane Formation in Rural Household Water Filtration Systems in Haiti*. Masters of Engineering Thesis. Massachusetts Institute of Technology.
- Lantagne, Daniele (2000). *RiverWatch Volunteer Monitoring Program: 1999 Data Report*. Ipswich River Watershed Association.
- Lehr, J.H., T. E. Gass, W. Pettyjohn, and J. Demarre (1980). Domestic Water Treatment. McGraw-Hill, New York.
- Levinson, Warren and Ernest Jawetz (1996). Medical Microbiology & Immunology: Examination & Board Review. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut.
- Lin, Yu-Sen E., Radisav D. Vidic, Janet E. Stout, Christine A. McCartney, and Victor L. Yu (1998). *Inactivation of Mycobacterium Avium by Copper and Silver Ions*. Water Resources. Volume 32, Number 7.
- Lindemann, Peter A. (1998). *A Closer Look at Colloidal Silver*. Educate – Yourself, Inc.
- Maier, R.M., Il L. Pepper, and C.P. Gerba (2000). Environmental Microbiology. Academic Press, Canada.
- Manja, K.S., M.S. Maurya, and K.M. Rao (1982). *A simple field test for the detection of fecal pollution in drinking water*. Bulletin of the World Health Organization, Volume 60, 797-801.
- MAP International (1985). *Final Report on the Water Filtro Project. No. 518-0015-G-3049-00 and No. 518-0015-G-00-4073-01 & 02*. Quito, Ecuador.
- (MEI) Metcalf & Eddy, Inc. (1991). Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse: Third Edition. McGraw-Hill, Inc.
- (PAHO) Pan American Health Orgnaization (2000). *Nicaragua*. http://www.paho.org/English/HVP/HVI/Profile_Nic_99-00.pdf Accessed 8-11-01.

- (PAHO) Pan American Health Organization (1999). *Nicaragua: Basic Country Health Profiles, Summaries 1999N*. <http://www.paho.org/English/SHA/prflnic.htm>. Accessed 8-11-01.
- (PFP) Potters for Peace (2001). Home Page. <http://www.cc.cc.ca.us/pfp>. Accessed 19-8-2001.
- Pressdee (1995). Practicalities of Disinfection for Control of *Cryptosporidium* and *Giardia*. In: Protozoan Parasites and Water, edited by W.B. Betts, D.P. Casemore, C.R. Fricker, H.V. Smith, and J. Watkins. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom.
- Oates, Peter (2001). Solar Disinfection for Point Of Use Water Treatment in Haiti. Masters of Engineering Thesis. Massachusetts Institute of Technology.
- Quinto, Stephen (19-10-2001). Personal conversation and lab visit. President, Natural Immunogenics.
- Rivera, Ronald (10-2001). Personal communication.
- Russell, A.D. and W.B. Hugo (1994). *Antimicrobial Activity and Action of Silver*. Progress in Medicinal Chemistry. Volume 31.
- Sagara, Junko (2000). Study of Filtration for Point-of-Use Drinking Water Treatment in Nepal. Master's of Engineering Thesis. MIT.
- Sandiford, Peter, Henk Alberts, Juan Guillermo Orazco, and Anna Gorter (1993). *The Nicaraguan rope pump*. Waterlines. Volume 11. Number 3.
- Schumacher, E.B.F (1973). Small is Beautiful. New York, Unites Sates: Harper & Row.
- Shultz, C. R., and D. A. Okun. (1984). Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries. John Wiley and Sons, New York.
- Silver, Simon (19-12-01). Personal Communication via email. University of Illinois, Chicago. Department of Microbiology and Immunology.
- Stenesh, J. (1996). Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology: Second Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Sugden, P., S. Azad, and M. Erdmann (2001). *Argyria caused by an earring*. British Journal of Plastic Surgery. Volume 54, Issue 3.
- Suzuki, H., S. Bab, S. Uchigasaki, and M. Murasa (1997). *Localized argyria with chrysiasis caused by implanted acupuncture needles: Distribution and chemical forms of silver and gold in cutaneous tissue by electron microscopy and x-ray microanalysis*. Journal of the American Academy of Dermatology. Volume 29, Issue 5.
- Trevathan, Wade (24-8-01). USEPA Pesticide Hotline. Personal Conversation.

- Tsipouras, N., C.J. Rix, P.H. Brady (1997). *Passage of silver ions through membrane-mimetic materials, and its relevance to treatment of burn wounds with silver sulfadiazine cream*. *Clinical Chemistry*. Volume 43, Issue 2.
- Tulane Study (2000). *Draft Report in Potters for Peace Email*. Contact: Ron Rivera, kamaron@ibw.com.ni.
- (UNICEF) United Nations International Children's Education Fund (2001). *Nicaragua*. http://www.unicef.org/statis/Country_1Page126.htm Accessed 7-11-01.
- (USAID) United States Aid for International Development (2001). *Hurricanes In Central America and the Carribean*. <http://hurricane.info.usaid.gov> Accessed 8-11-01.
- (USAID) United States Aid for International Development (2001a). *USAID Nicaragua Supplemental Reconstruction Programs: Response to Hurricane Mitch, October 1998. Status as of June 30, 2001*. http://hurricane.info.usaid.gov/qhr_nic_jun01.doc Accessed 8-11-01.
- (USAID) United States Aid for International Development (USAID) (2001b). *Scope of Work for Purchase Order Number: 524-0-00-01-00014-5362*.
- (USAID) United States Aid for International Development (2001c). *Reconstruction Profile: Nueva Vida*. <http://www.usaid.org.ni/storyeight.htm> Accessed 8-11-01.
- (USEPA) United States Environmental Protection Agency (2001). *Drinking water standards*. <http://www.epa.gov>. Access 15-11-01.
- (USEPA) United States Environmental Protection Agency (1996). *Integrated Risk Information System: Silver*. <http://www.epa.gov/IRIS/subst/0099.html>. Accessed 19-8-01.
- Verschuere, Karel (1996). Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Warden, Paul (12-2001). Personal Communication. Vice President of Analytical Services, Inc.
- Webb, J. Leyden (1963). Enzyme and Metabolic Inhibitors: Volume 1, General Principles of Inhibition. Academic Press, New York and London.
- Webb, J. Leyden (1966). Enzyme and Metabolic Inhibitors: Volume III: Iodoacetate, Maleate, N-Ethylmaleimide, Alloxan, Quinones, Arsenicals. Academic Press, New York and London.
- World Bank Group (2001). *Nicaragua Data Profile*. <http://devdata.wroldbank.org> Accessed 8-11-01.
- (WHO) World Health Organization (undated). *Report of the WHO Commission on Health and Environment*. World Health Organization. Geneva.
- (WHO) World Health Organization (1996). *Guidelines for drinking-water quality, 2nd Edition: Volume 2 Health criteria and other supporting information and Addendum to Volume 2*. Geneva.

(WHO) World Health Organization (1993). *Guidelines for drinking-water quality, 2nd Edition: Volume 1 Recommendations*. Geneva.

Yetter, Lynette (1999). Interview with Dominique Wilson of AFAGuatemala and Dr. Fernando Mazariegos, formerly of ICAITI.