

**Prueba de la aceptación del filtro de cerámica  
impregnado con plata coloidal en el barrio El Ocotal de  
Guinope, Honduras.**

Proyecto especial presentado como requisito parcial  
Para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura

presentado por:

**Joysee Mariela Cartagena Baide.**

**Zamorano, Honduras**  
Abril, 2001

## RESUMEN

Cartagena, Joysee. 2001. Prueba de la aceptación del filtro de cerámica impregnado con plata coloidal en el barrio El Ocotal de Guinope, Honduras. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 57 p.

Debido a los altos niveles de coliformes totales y fecales en el agua consumida por los habitantes de El Ocotal, se probó una metodología de transferencia del uso del filtro de cerámica impregnado con plata coloidal. Se trabajó con las organizaciones de la comunidad, probando la eficiencia del filtro mediante el análisis de coliformes totales en muestras compuestas, analizadas antes y después del filtrado. También se tomaron muestras del agua filtrada y de la llave, en cinco casas, y se determinó la presencia de coliformes, pH, cloro libre y temperatura. Se encuestó a las personas que asistieron a la capacitación sobre el uso del filtro, para determinar las características que influyeron en la decisión de adquirirlo o no e identificar las ventajas y desventajas encontradas por los usuarios y el nivel de aceptación de este filtro. El filtro fue muy eficiente en la descontaminación microbiológica, ya que redujo a cero las unidades formadoras de colonias en la muestra compuesta. Los resultados de las muestras en las cinco casas, demostraron que el filtro reduce la temperatura en 2°C y aumenta el pH en 0.34 unidades. No se encontró cloro libre en las muestras de agua filtrada, mientras que en las muestras de agua de llave sin filtrar se encontraron trazas menores a 0.5 mg/. La cantidad de agua filtrada, llenando el depósito del filtro dos veces al día, es suficiente para el consumo de una unidad familiar con cinco personas. El motivo principal de la aceptación del filtro, se debe esencialmente a la conciencia de los usuarios sobre la importancia de purificar el agua para mantenerse saludables y las características organolépticas del agua, en comparación con otros métodos de purificación. La ventaja del filtro más apreciada por los usuarios es la confianza en la calidad microbiológica del agua filtrada y la única desventaja es el temor que se dañe la llave del filtro o se quiebre la unidad filtrante y no encuentren la forma de repararlo.

**Palabras claves:** Agua potable, características organolépticas, coliformes fecales, coliformes totales, eliminación de bacterias, transferencia de tecnología.

## **NOTA DE PRENSA**

### **HABITANTES DEL BARRIO EL OCOTAL ENCUENTRAN UNA HERRAMIENTA EFECTIVA PARA PURIFICAR EL AGUA DE CONSUMO**

El filtro de cerámica impregnado con plata coloidal podría ser una herramienta efectiva para eliminar la contaminación del agua de consumo, según un informe presentado por la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente de Zamorano, después de realizar varias pruebas en el barrio El Ocotál en el municipio de Güinope del departamento de El Paraíso.

El filtro de cerámica impregnado con plata coloidal está construido con materiales que pueden encontrarse con facilidad en la misma comunidad (50% arcilla y 50% aserrín). La plata coloidal funciona como desinfectante reteniendo las bacterias el tiempo suficiente como para matarlas.

Unas 42 personas de la comunidad se unieron para formar parte del proyecto del filtro de cerámica, 30 de ellos decidieron adquirirlo e instalarlo en sus casas con el fin de identificar las ventajas y desventajas que ofrece el utensilio con respecto a otros métodos de purificación utilizados.

Una vez instalados los filtros, la Junta de Agua del barrio y la Unidad Municipal Ambiental de Güinope, entidades responsables de vigilar el abastecimiento y calidad del agua potable que consumen los habitantes de la zona, realizaron muestreos de agua en las casas donde se instaló el filtro. Se determinó los niveles de contaminación existentes en el agua y luego se pasó el líquido a través del filtro de cerámica.

Los resultados muestran que el filtro no sólo eliminó las bacterias, sino que elimina el exceso de cloro en el agua. Además, se notó un efecto considerable sobre la temperatura que disminuyó en casi dos grados centígrados y sobre el pH que aumentó en un promedio de 0.338 unidades.

El informe final destaca que es necesario continuar con el trabajo de hacer conciencia en la población acerca de la importancia de consumir agua de calidad con el propósito de prevenir enfermedades transmitidas por el agua. Las instituciones promotoras de desarrollo, organizaciones comunitarias y beneficiarios deben unir sus esfuerzos en la búsqueda de soluciones prácticas y de fácil acceso para los grupos más vulnerables de la sociedad.

Este filtro de cerámica es una muestra de tecnologías que debe continuar investigándose y desarrollándose para ponerla a disposición de las personas de escasos recursos; si se popularizan, estas tecnologías pueden generar fuentes de trabajo importantes en el área rural.

## CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa .....	viii
	Contenido.....	x
	Índice de Cuadros.....	xiii
	Índice de Figuras.....	xiv
	Índice de Anexos.....	xv
1.	<b>INTRODUCCION</b> .....	1
1.1	ANTECEDENTES.....	2
1.2	JUSTIFICACION.....	2
1.3	OBJETIVOS.....	3
1.3.1	Objetivo General.....	3
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
2.	<b>REVISION DE LITERATURA</b> .....	4
2.1	AGUA POTABLE .....	4
2.2	P ARAMETROS DE CALIDAD.....	4
2.2.1	Microbiología del agua.....	4
2.2.1.1	De origen bacterial.....	5
2.2.1.2	Protozoos patógenos.....	5
2.2.1.3	Virus.....	5
2.2.1.4	El grupo de coliformes.....	6
2.2.2	PH del agua.....	7
2.2.3	Nitritos y nitratos.....	7
2.2.4	Temperatura.....	7
2.3	LA PLATA COLOIDAL COMO DESINFECTANTE.....	8
2.3.1	Mecanismos de desinfección de la plata coloidal.....	8
2.3.2	Plata coloidal utilizada en el filtro de la cerámica (filtrón).....	8
2.4	EL FILTRO DE CERAMICA INPREGNADO CON PLATA.....	9

	COLOIDAL.....	9
2.4.1	Uso del Filtrón.....	10
2.4.2	Análisis del funcionamiento del filtro de cerámica.....	11
2.5	TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.....	14
2.6	IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACIÓN COMUNITARIA EN LOS PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.....	14
2.7	ESTUDIOS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA REALIZADOS EN NICARAGUA POR POTREES FOR PEACE.....	15
3	MATERIALES y METODOS.....	17
3.1	DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO.....	17
3.2	LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.....	17
3.3	DEFINICIÓN DE LA LINEA BASE.....	17
3.3.1	Determinación del número de muestra.....	18
3.3.2	Diseño de la encuesta de la línea base.....	18
3.4	PRUEBA DE LA EFICIENCIA DEL FILTRO.....	19
3.4.1	Prueba de la eficiencia en eliminación de la contaminación microbiológica mediante muestreos compuestos.....	19
3.4.2	Prueba de la eficiencia mediante muestreo de cinco casas donde usan filtro.....	21
	PH.....	21
3.4.2.1	Coliformes totales.....	21
3.4.2.2	Cloro libre.....	21
3.4.2.3	Prueba de la eficiencia del filtro en la descontaminación bacteriológica según el tiempo de contacto de la plata coloidal con las bacterias del agua.....	21
3.4.3.	Prueba de la cantidad de agua potable producida por el filtro.....	22
3.4.4	ESTABLECIMIENTO DEL PROCESO PARTICIPATIVO DE LA COMUNIDAD EN LA SOLUCION DE SUS PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	23
3.5	Identificación de la población meta.....	23
3.5.1	Diagnóstico de la situación.....	23
3.5.2	Movilización e información a nivel comunitario.....	23
3.5.3	Contabilización de la inversión de tiempo de cada organización involucrada en el proyecto.....	24
3.5.4	DETERMINACION DE LA ACEPTACIÓN DEL FILTRO, LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENCONTRADAS POR LOS USUARIOS.....	24
3.6	Diseño de la encuesta de aceptación.....	25
3.6.1	Monitoreo del uso del filtro.....	25
3.6.2		

3.6.3	Encuesta final de la prueba de aceptación.....	25
3.7	ANÁLISIS EST ADISTICO.....	26
3.7.1	Prueba de pH y temperatura.....	26
3.7.2	Análisis de las encuestas de línea base. y de aceptación, ventajas y desventajas del uso del filtro.....	27
4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	28
4.1	ANÁLISIS DE LA ENCUESTA DE LINEA BASE DEL PROYECTO .....	28
4.1.1	El número de muestra.....	28
4.1.2	Características que pudieron influir en la adquisición del Filtro.....	28
4.1.2.1	Características familiares.....	28
4.1.2.2	Características socioeconómicas de la familia.....	29
4.1.2.3	Apreciación de la calidad del agua que llega a sus hogares .....	31
4.1.2.4	Salud y medidas higiénicas en el hogar.....	32
4.1.2.5	Condiciones de higiene observadas.....	32
4.1.2.6	Apreciación de los otros métodos de purificación usados en el barío El Ocotal.....	32
4.1.3	Línea base.....	32
4.1.3.1	Consumo de agua en el hogar.....	33
4.1.3.2	Manejo del agua consumida por la familia.....	34
4.2	PRUEBA DE LA EFICIENCIA DEL FILTRO.....	34
4.2.1	Prueba de la eficiencia en eliminación de la contaminación microbiológica mediante muestreos compuestos.....	34
4.2.2	Prueba de la eficiencia en eliminación de la contaminación microbiológica mediante muestreos de cinco casas donde usan el filtro.....	35
4.2.2.1	PH Y temperatura.....	35
4.2.2.2	Cloro libre.....	36
4.2.3	Prueba de la eficiencia del filtro en la descontaminación bacteriológica según el tiempo de contacto de la plata coloidal con las bacterias del agua.....	37
4.2.4	Prueba de la cantidad de agua potable producida por el filtro.....	37
4.3	PROCESO PARTICIPATIVO DE LA COMUNIDAD EN LA SOLUCION DE SUS PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE .....	38
4.3.1	Diagnóstico de la situación.....	38
4.3.2	Motivación e información a nivel comunitario .....	39
4.3.3	Contabilización del tiempo invertido.....	39

XIII

4.4	ACEPTACIÓN DEL FILTRO DE CERÁMICA .....	41
4.4.1	Adquisición y cuidado del filtro .....	41
4.4.2	Apreciación de la calidad del agua del filtro .....	42
4.4.3	Consumo del agua filtrada .....	42
4.4.4	Manejo del filtro .....	42
4.5	VENTAJAS ENCONTADAS POR LOS USUARIOS	43
4.6	DESVENTAJAS ENCONTRADAS POR LOS USUARIOS	44
4.7	INTENCIONES DE USO DEL FILTRO PARA EL PRÓXIMO AÑO.....	45
5	CONCLUSIONES .....	46
6	RECOMENDACIONES.....	48
7	BIBLIOGRAFÍA .....	50
8	ANEXOS .....	52

## 1. INTRODUCCIÓN

El suministro de agua de buena calidad, cantidad y regularidad en las comunidades rurales y urbanas es una parte fundamental para el mejoramiento de las condiciones de vida en los países latinoamericanos. Las zonas rurales de estos países son las que tienen menos posibilidades de resolver los problemas relacionados al suministro de agua potable, debido a que las prioridades de inversión de los gobiernos se centran en las zonas de mayor concentración de la población.

Debido a las características del área rural es muy poco factible la solución del problema en forma convencional, a través de la instalación de redes de agua y plantas de tratamiento, por lo que muchas instituciones y proyectos han dirigido sus esfuerzos a la creación de tecnologías adaptables a las condiciones de lejanía y pobreza de las zonas rurales.

El Instituto Centroamericano de Tecnología Industrial (ICAITI), patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), diseñó un filtro de cerámica impregnado de plata coloidal que puede abastecer a cada hogar rural con agua potable en cantidades suficientes para cubrir las necesidades familiares. Este filtro presenta las ventajas de ser barato, por lo que es autofinanciable, además de contribuir a revitalizar una actividad artesanal que se ha reducido, como lo es la alfarería. Por otra parte, no representa ningún choque cultural para las personas del área rural, ya que está hecho de arcilla, material usado generalmente para el almacenamiento del agua de consumo en dichas zonas.

En Honduras, Zamorano a través de la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente ha desarrollado investigaciones y proyectos en monitoreo y evaluación de la cantidad y calidad de agua producida por las microcuencas de la cuenca alta del *Río Choluteca*, las cuales abastecen de agua a las comunidades rurales aledañas al valle del Yeguaré.

Debido a los niveles de contaminación en el agua consumida en estas comunidades y a las dificultades encontradas para la implementación de soluciones a corto plazo, se ha decidido probar la transferencia de la tecnología de purificación de agua desarrollada por el ICAITI y probada con mucho éxito en varios países de América Latina, el Caribe y Asia.

## 1.1 ANTECEDENTES

La microcuenca de El Capiro que abastece al barrio El Ocotal fue caracterizada en el estudio de tesis de la Ing. Verónica Rodríguez encontrándose que la Junta de Agua se encarga de la solución de los problemas relativos al agua, sin embargo existen problemas de manejo que se reflejan en la contaminación del agua para consumo del barrio y además la falta de la activación de un sistema de clorado. En el estudio de tesis de la Ing Isidra Sabio se determinó que el agua de la microcuenca tenía contaminación microbiológica con valores de 13.42 unidades formadoras de colonia (UFC) de coliformes totales y 9.6 UFC de coliformes fecales durante la época seca, 15.16 UFC de coliformes totales y 12.7 UFC de coliformes fecales durante la época lluviosa. También se encontró contaminación por turbidez con valores de 6.1-6.7 unidades nefelométricas y nitritos en niveles de 0.36 mg/L.

El filtro de cerámica impregnado con plata coloidal que" actúa como desinfectante es conocido desde 1,930. El primer filtro de bajo costo, hecho por artesanos con la tecnología apropiada, fue desarrollado y probado en 1,981 por los químicos Fernando Mazariegos y Julia Alicia Amado de Zeissig del ICAITI.

El filtro fue probado en 1,993- 1,994 con 680 familias en Guatemala en un estudio diseñado por Mark Neveu de la Escuela de Salud Pública de Harvard, en el cual se concluyó que el filtro reduce la incidencia de diarreas en los niños menores de cinco años. También ha sido probado y elaborado con éxito en Nicaragua, Cuba, Guatemala, Haití y Ecuador.

La Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua demostró que el filtro de cerámica remueve en un 100% los coliformes totales y fecales, los estreptococos fecales y la *Echerichea coli*.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La principal contribución de la investigación fue ofrecer a la comunidad del barrio El Ocotal de Güinope una opción práctica y de corto plazo para evitar los riesgos de contraer enfermedades transmitidas por el agua contaminada durante el tiempo que se demora la solución de sus problemas de manejo de las partes altas de la cuenca. Sus habitantes son beneficiarios directos de la investigación como actores del proceso de transferencia de la tecnología de purificación del agua que consumen, mejorando su calidad de vida.

Otra contribución radica en el establecimiento de las ventajas y desventajas de la tecnología a transferir, lo cual complementa la planificación de procesos de adopción para implementaciones futuras, en comunidades donde se demuestre mediante monitoreo de la calidad del agua, la presencia de contaminantes microbiológicos, lo cual hace necesario el uso del filtro de cerámica impregnado con plata coloidal.

Este estudio es muy importante para la organización promotora de la tecnología del filtro de cerámica impregnado con plata coloidal "Potrees for Peace", debido a que contribuye al proceso de investigación que se realiza en los países donde la tecnología es utilizada, para mejorar los procesos de transferencia de la misma, especialmente para el inicio de su trabajo en las comunidades rurales de Honduras.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 General**

Probar la aceptación del filtro de cerámica impregnado con plata coloidal.

#### **1.3.2 Específicos**

1. Definir una línea base del proyecto, en cuanto a uso actual del agua, incidencia de enfermedades, características familiares y habitacionales de los beneficiarios.
2. Probar la capacidad del filtro en la eliminación de la contaminación microbiológica y en la producción de agua potable.
3. Identificar las características que pueden influir para que las personas adquieran el filtro.
4. Cuantificar la participación de las organizaciones involucradas en el proceso de prueba de transferencia del filtro de cerámica impregnado de plata coloidal.
5. Establecer las ventajas y desventajas encontradas por los beneficiarios en el uso del filtro.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 AGUA POTABLE**

Según las instituciones miembros del Comité Técnico Nacional de Calidad del Agua (1995) el agua potable es toda agua empleada para la ingesta humana que no causa daño a la salud y cumple con las disposiciones de valores guías estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos emitidos mediante la Norma Técnica Nacional para la Calidad de Agua Potable.

El agua microbiológicamente segura es agua que está libre de todo microorganismo patógeno (o capaz de causar enfermedades) y de bacterias características de la contaminación fecal. La existencia de agua potable microbiológicamente insegura constituye un grave problema de salud pública en América Latina y el Caribe. Pero se puede reducir la incidencia de enfermedades por contaminación microbiana del agua si se suministra agua microbiológicamente salubre y se cuenta con mayor higiene personal y doméstica, y con una participación comunitaria más sólida (CEPIS, 1998).

### **2.2 PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA**

#### **2.2.1 Microbiología del agua**

Según Romero (2000), el agua permite el crecimiento de microorganismos como bacterias, las cuales provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materia fecal. La transmisión a través del agua de organismos patógenos ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades, entre las más conocidas que pueden ser transmitidas por el agua están clasificadas según su origen las siguientes:

**2.2.1.1 De origen bacterial.** Las enfermedades provocadas por este tipo de microorganismos son las siguientes:

Fiebre tifoidea	( <i>Salmonella typhi</i> )
Fiebre paratifoidea	( <i>Salmonella paratyphi</i> )
Cólera	( <i>Vibrio cholera</i> )
Tularemia	( <i>Brucel/a tularensis</i> )
Disenteria bacilar	( <i>Shigella spp.</i> )
Gastroenteritis	( <i>Salmonella spp.</i> )
Enfermedad de Weil	{ <i>Leptospirajcterohaemorrhagiae</i> }
Infecciones del oído	( <i>pseudomonas aeruginosa</i> )

**2.2.1.2 Protozoos patógenos.** La amibiasis es una importante causa de morbilidad y mortalidad, particularmente entre los infantes. La infección se establece, en general, en el colon; con formas más severas en el hígado y el cerebro. La meningoencefalitis amébrica primaria es causada por el protozoo *Naegleria gruben*, la cual es una infección generalmente fatal. Estos patógenos s son transportados por el agua contaminada:

Disenteria amibiana	( <i>Entamoeba histolytica</i> )
Giardiasis	( <i>Giardia lamblia</i> )
Meningoencefalitis	( <i>Naegleria gruben</i> )
Criptosporidiosis	( <i>Cryptosporidium</i> )

**2.2.1.3 Virus.** Los principales virus asociados con el agua son:

Gastroenteritis viral
Diarrea viral
Hepatitis infecciosa
Virus del polio (3 tipos)
Virus Adeno (32 tipos)
Virus Echo (34 tipos)
Virus Cocksackie, grupo A (26 tipos)
Virus Cocksackie, grupo B (6 tipos)
Virus Reo (3 tipos)

El virus más importante asociado con epidemias de origen hídrico es el de la hepatitis infecciosa. Los virus del grupo Adeno causan enfermedades del tracto respiratorio o los ojos. Tanto los virus Echo como los Cocksackie se considera como agentes potenciales de enfermedades transmisibles por el agua. Los virus del polio causan poliomiелitis parálitica y meningitis aséptica; los virus Cocksackie producen herpangina, meningitis aséptica, parálisis pleurodinia y miocarditis infantil aguda (Romero, 2000). Las principales enfermedades de origen transmitidas por el agua son las que se resumen a continuación en el cuadro 1.

Cuadro 1. Resume las principales enfermedades de origen hídrico.

<i>Enfermedad</i>	<i>Organismo causante</i>	<i>Fuentes del organismo en el allua</i>	<i>Síntomas</i>
Gastroenteritis	Salmonella	Excrementos humanos o de animales	Diarrea aguda y vómito
Tifoidea	Salmonella typhosa	Excrementos humanos	Intestino inflamado, bazo agrandado, alta temperatura fatal
Disentería	Shigella	Excrementos humanos	Diarrea
Cólera	Vibro comma	Excrementos humanos	Vómito, diarrea severa
Hepatitis infecciosa	Virus	Excrementos humanos, manceos	Piel amarilla, dolores
Amibiasis	Entamoeba hystolitica	Excrementos humanos	Diarrea, disentería crónica
Giardiasis	Giardia lamblia	Excrementos humanos y animales	Diarrea, retortijones
Poliomielitis	Virus poliomielititis	Excrementos humanos	Gripe, calentura, vómitos, dolor muscular, parálisis de cualquier parte del cuerpo

Fuente: Romero, 2000.

La prueba de las bacterias\_ coliformes explora la posibilidad de que existan microorganismos patógenos, dado que no es factible analizar el agua con respecto a todo tipo de bacterias que causan enfermedades (CEPIS, 1998).

Según la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (1995), en los análisis de control de calidad determina la presencia de coliformes totales y en caso de ser positiva se procede a tomar muestras para determinar presencia de coliformes fecales, si en el muestreo no se encuentran éstos no se toma en cuenta la muestra positiva de coliformes totales.

**2.2.1.4 El grupo de coliformes.** Según CEPIS (1998), los coliformes son un grupo específico de bacterias que se encuentran principalmente en el intestino y las heces de los seres humanos y los animales. La presencia de cualquier bacteria coliforme en el agua potable se considera indicativo de que, o bien el tratamiento ha sido insuficiente, o se ha introducido material nocivo en el agua después de tratarla. Casi siempre, la ausencia de bacterias coliformes en el abastecimiento público de agua se interpreta como prueba de que esta es apta para el consumo, está libre de elementos patógenos y no representa un

peligro de propagación de enfermedades infecciosas de transmisión hídrica (OMS, 1993).

Los coliformes no solamente provienen de los excrementos humanos sino también pueden originarse en animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo.

Por lo tanto, la presencia de coliformes en aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes (Romero, 2000).

### **2.2.2 PH del agua**

Según Vega (2000) el pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. Un pH muy ácido o muy alcalino, puede ser indicio de una contaminación industrial. El impacto en la salud humana radica en que promueve la solubilidad de metales y afectan diversos métodos de tratamiento de agua. Para la desinfección con cloro es preferible el pH menor que 8 (Instituciones miembro del Comité Técnico Nacional de Calidad del Agua, 1995).

### **2.2.3 Nitritos y nitratos**

El agua potable debe tener bajas concentraciones de nitratos y nitritos. Los nitratos van a parar a las aguas procedentes de fertilizantes, aguas residuales y heces de animales. Si están presentes en el agua de beber en concentraciones suficientemente altas, pueden representar un riesgo para la salud de los ancianos, mujeres embarazadas, lactantes y quizás de niños mayores. Los nitratos pueden causar metahemoglobinemia, una enfermedad sanguínea (CEPIS, 2000).

Los nitratos alteran la capacidad de la sangre de llevar el oxígeno a todo el cuerpo, impidiendo...que la hemoglobina pueda transportar el oxígeno. Las personas intoxicadas con nitratos presentan uñas de color azul, es un indicativo de la enfermedad (Brailovsky, 1994).

### **2.2.4 Temperatura**

La temperatura determina el tipo de microflora y organismos acuáticos que encontramos en el agua de los ríos, quebradas y reservorios. También controla algunas reacciones químicas las cuales pueden afectar la calidad del agua y si es muy alta puede incrementar la acción bacteriana (DSEA, 2000).

Según Romero (2000), la temperatura está relacionada con el grado de saturación de oxígeno disuelto, la actividad biológica y el valor de saturación de carbonato de calcio. De acuerdo a la OPS (1995), el valor de temperatura recomendado para el agua potable debe fluctuar en un rango de 15 - 30°C.

## **2.3 LA PLATA COLOIDAL COMO DESINFECTANTE**

La plata coloidal fue usada por los romanos para preservar el agua en jarras de almacenamiento, puesto que en concentraciones de 25 – 40  $\mu$  / L es buen desinfectante (Romero, 2000).

Según Cerámicas por la paz (2000), los coloides son partículas microscópicas suspendidas en líquido. La plata es convertida a plata coloidal a través de una electricidad positiva o puramente plata suspendida en agua. La medida de la partícula de plata coloidal es generalmente entre 0.015 y 0.005 micrones. La plata viene a ser una carga positiva iónica.

En 1998 cuando se patentaron medicinas antibacteriales, la plata coloidal fue la fuente antibacterial en EEUU, donde aun es ampliamente utilizada para prevenir la descomposición del agua depositada en tanques. Es usada para esterilizar agua a bordo de la “NASA’s Space Shuttle Program” y es además usada por muchas compañías aéreas. La plata coloidal es un seguro y efectivo agente purificador del agua, utilizado junto con varios filtros o depósitos para grandes o pequeños sistemas de agua. (Rivera, 2001).

La plata coloidal no está listada como tóxica por el Centro de Control de Venenos, de manera que la comida y la administración de medicinas no tienen regulaciones para el uso de la plata coloidal como antibacterial en cualquier forma y método. Aunque la cantidad total de plata coloidal utilizada en el Filtrón es relativamente pequeña, es posible que pequeñas trazas puedan pasar directamente del filtro al agua. Sin embargo en 1983 Michael Owens establece que la plata coloidal no es rápidamente absorbida por el cuerpo humano. El exceso de plata depositado en el estómago es precipitado como cloruro de plata por las vías estomacales e inmediatamente expulsado a través de las heces (Rivera, 2001).

### **2.3.1 Mecanismo de desinfección de la plata coloidal**

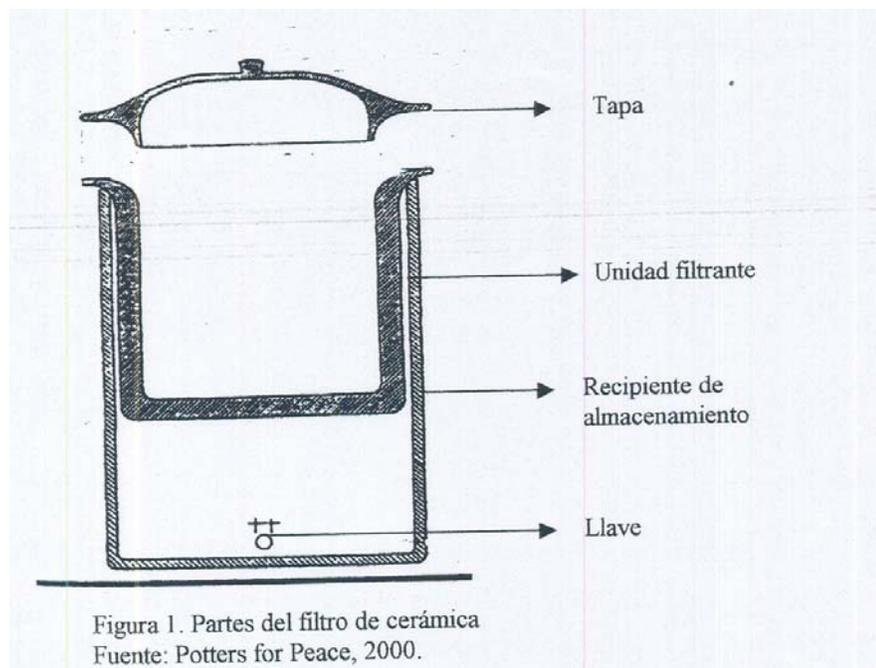
La plata reacciona fuertemente con tilo (sulphydryl, SR), grupo utilizado en proteínas funcionales y estructurales de las células bacterianas. La plata inhibe la glucosa, succinato y la oxidación (deshidrogenación). La baja concentración de plata no entra en la célula, más bien es absorbida en la superficie bacteriana. Así los iones de plata inmovilizan la deshidrogenación, porque la respiración en células bacterianas ocurre a través de las membranas celulares, al contrario de las células eucarióticas, en las cuales la respiración es a través de la membrana mitocondrial (Rivera, 2001).

### 2.3.2 Plata coloidal utilizada en el filtro de cerámica (Filtrón)

El Filtrón emplea la plata coloidal a través de una saturación inicial del filtro, por medio de una solución aproximadamente del 0.32% en 200 gramos de agua. Es altamente recomendable que el filtro sea limpiado periódicamente, dependiendo del nivel de turbiedad, y restaurado con plata coloidal una vez al año. Sin embargo hay resultados microbiológicos de un filtro que ha sido utilizado diariamente durante 7 años, sin modificaciones, que sigue siendo eficiente en su tarea de descontaminación del agua (Rivera, 2001).

### 2.4 EL FILTRO DE CERÁMICA IMPREGANDO CON PLATA COLOIDAL

El Filtrón esta constituido por cuatro elementos: la tapa, el recipiente de almacenamiento del agua, la llave de salida del agua filtrada y la unidad filtrante. La siguiente figura muestra el corte transversal del filtro en el que pueden identificar las partes del mismo:



Según Cerámicas Por la Paz (2000), el elemento filtrante está compuesto en un 50% de barro y 50% de aserrín, que al hornearse a alta temperatura queda poroso, lo que le permite dejar pasar el agua y al mismo tiempo retener la suciedad. La tapa y el recipiente de almacenamiento pueden ser de cerámica o de plástico, y la llave de plástico o de cobre.

Además la unidad filtrante esta pintada con un producto especial llamado Microdyn (plata coloidal) que funciona como un imán, atrapando a todos los microbios y reteniéndolos hasta que se mueren.

El Filtrón le quita al agua desde el color turbio o verdoso, hasta los microbios que causan el cólera y las diarrea, que sólo se elimina al clorar el agua, hervirla o filtrada (Cerámicas Por la Paz, 2000).

El filtro tiene capacidad para abastecer a una familia con agua de buena calidad. La unidad filtrante tiene la capacidad de ocho litros, y filtra de uno a dos litros por hora. Mientras que el recipiente de almacenamiento puede guardar 8 litros de agua (Cerámicas Por la Paz, 2000).

La forma de operar es muy simple, a intervalos de tiempo se repone el agua en la unidad filtrante para conservar el nivel líquido por encima de la mitad de la altura, esto tiene el propósito de que exista siempre una presión suficiente que fuerce el paso del agua por los poros de la arcilla. Y cada vez que se desea agua para beber simplemente se abre la llave (Mazariegos, s.f.).

#### **2.4.1 Uso del filtro**

De acuerdo a Cerámicas Por la Paz (2000), las recomendaciones para su uso eficiente son:

1. La primera vez que se usa el filtro, se debe llenar de agua varias veces y botar el agua filtrada para quitarle el sabor amargo de tinaja nueva.
2. Antes de usar el filtro, lavar con agua limpia el balde plástico o tinaja que recoge el agua filtrada.
3. Colocar el filtro de barro en la boca de la tinaja o balde plástico.
4. Si el agua del río o pozo trae mucha suciedad, está verdosa o turbia, se debe colar el agua con un pedazo de tela fina y limpia antes de echarlo al filtro.
5. Para tener suficiente agua limpia todo el día hay que llenarlo con frecuencia.
6. Siempre hay que mantener el filtro tapado y cada vez que desee agua para beber, abra la llave de agua y sírvase el agua potable en un vaso limpio.

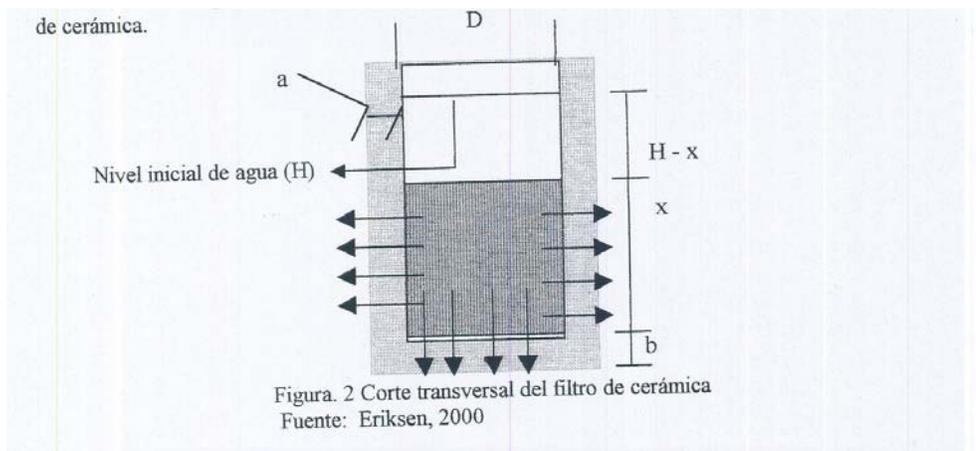
Según Cerámicas Por la Paz (2000), para lavar el filtro las familias que beben agua de pozo o de río deben inspeccionar y limpiar el filtro por lo menos una vez a la semana para asegurarse que este trabajando bien. Cuando se detecta suciedad acumulada en el fondo o en las paredes del elemento filtrante se debe lavar con agua limpia y un cepillo de dientes. El procedimiento es el siguiente:

1. Se saca el filtro (sin agua) de la tinaja o balde plástico. Se recomienda colocar el filtro sobre un plato o trapo limpio mientras limpia y enjuaga la tinaja o balde plástico.
2. Si el filtro se ve sucio, se puede utilizar un trapo limpio o una tusa limpia para desalojar cualquier material que tapa los poros del filtro. El uso de un cepillo suave sirve también para lavar el filtro.
3. Después de su limpieza debe enjuagar el filtro y la tinaja con agua limpia (sin cloro) y volver a colocar el filtro en su lugar.
4. La duración del Microdyn es de un año, al cabo de este tiempo hay que curar el filtro de nuevo, es decir, aplicar el Microdyn de nuevo sobre el elemento filtrante.

#### 2.4.2 Análisis del funcionamiento del filtro de cerámica

Con base en el documento de Eriksen (2000), pretendemos describir cómo trabaja el filtro de cerámica, presentando las relaciones entre los principales parámetros que controlan el flujo, conocidas como leyes de Darcy.

A continuación se determina el valor de la constante de conductibilidad hidráulica "k" de dos formas, una a través del flujo de las paredes laterales y del fondo del filtro, y otra a partir del tiempo mínimo de contacto con la plata coloidal que debe tener el filtro para ser eficiente en su trabajo de eliminación de bacterias. Contrastando los dos valores anteriores se determina la eficiencia del filtro en la descontaminación del agua. Para ello consideramos el esquema siguiente, el cual corresponde a la sección transversal del filtro de cerámica.



Donde "a" es el grosor de las paredes laterales, "b" el grosor del fondo, "D" el diámetro interior medio del filtro, "H" el nivel inicial del agua, "x" el nivel final del agua. Si "k" es la constante de conductibilidad hidráulica del filtro, resulta:

### a. Flujo a través de las paredes laterales

Si  $Q_s$  es el flujo a través de las paredes laterales,  $Q_s$  es directamente proporcional a "k" y al área de las paredes laterales ( $z \times D$ ), e inversamente proporcional a "a", como el flujo de agua es distinto para los puntos situados a diferentes alturas (z),  $Q_s$  viene dado por la integral [ 1 ] desarrollada por Eriksen:

$$Q_s = \int_0^x k \cdot (z/a) \cdot \pi \cdot D \cdot dz = k \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot a} \cdot x^2 \quad [ 1 ]$$

### b. Flujo a través del fondo

Si  $Q_b$  es el flujo a través del fondo,  $Q_b$  es directamente proporcional a "k", al área del fondo ( $x/4 D^2$ ) y al nivel del agua "x", e inversamente proporcional al grosor del fondo, entonces se puede expresar por la fórmula [ 2 ] desarrollada por Eriksen:

$$Q_b = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot k \cdot (x/b) \quad [ 2 ]$$

c. Si combinamos ambos flujos, se llega a la expresión [ 3 ] desarrollada por Eriksen

$$T = \frac{b}{k} \ln \left( \frac{H \cdot (1 + \lambda \cdot (x/H))}{x \cdot (1 + \lambda)} \right)$$

Donde:

$$\lambda = \frac{2 \cdot b \cdot H}{a \cdot D}$$

[ 4 ]

Podemos observar en [ 3 ] que cuando "x" tiende a cero, T (tiempo de vaciado) tiende a infinito, esto significa que teóricamente, el filtro nunca se vacía completamente. Sin embargo esta expresión será de mucha utilidad para determinar la eficiencia del filtro en la eliminación de la contaminación microbio lógica, con base en el valor de "k". La conductualidad hidráulica "k" de las paredes del filtro es el parámetro más importante del mismo. Esto se debe a que el efecto de la plata coloidal que está en la superficie interior del filtro es proporcional al tiempo de contacto. Por lo tanto el valor de "k" determina la eficiencia del filtro (entre más alto "k", más rápido sale el agua y menos tiempo de contacto).

Por otra parte el tiempo mínimo de contacto con la plata coloidal ( $T_{min}$ ), es directamente proporcional al espesor de la capa de plata "f" y al de las paredes "b", e inversamente proporcional a la constante de la conductibilidad hidráulica "k" Y al nivel inicial del agua "H", así resulta el tiempo mínimo de contacto con la plata coloidal expresado en la fórmula [5 ] desarrollada por Eriksen:

$$T_{min} = \frac{t \cdot b}{k \cdot H} \quad [ 5 ]$$

Entonces, el valor máximo permisible de k viene dado por la expresión [ 6 ]

$$K = \frac{t \cdot b}{T_{min} \cdot H} \quad [ 6 ]$$

En el artículo de Earp mencionado por Eriksen (2000), el espesor de la capa de plata coloidal es aproximadamente 0.1 mm, el tiempo mínimo de contacto es de 25 minutos, asumiendo que la altura del filtro "H" es aproximadamente 24 cm, y que el espesor de las paredes es 10 mm, el valor máximo permisible de "k" viene determinado por la expresión

[ 7 ]

$$K = \frac{0.1/1000 \cdot 0.01}{25/60 \cdot 0.24} \approx 1.10 \cdot 10^{-5} \cdot m^3 / m^2 / hr$$

Teniendo en cuenta que el dato reportado por Ron, citado por Eriksen (2000), es aproximadamente 1-2 horas para vaciado del filtro. Y asumiendo que el filtro está vacío al 99%, es decir, H/x es aprox. 100, y D= 200mm. Usando la ecuación [3] Y como  $A = 2H/D$  al considerar "a"="b" y T= 1, resulta la expresión [ 8 ] desarrollada por Eriksen

Según Eriksen esto supone aproximadamente 1,000 veces más el valor máximo permisible para "k". A pesar de ello el filtro trabaja eficientemente, esto puede deberse a:

- Cuando el agua contaminada fluye a través de medios porosos, éstos ayudan a la eficiencia del filtro.
- La velocidad de filtrado es mucho más lenta después de iniciado dicho proceso.

## **2.5 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

Las metodologías de transferencia de tecnología se deben enmarcar en procesos de enseñanza-aprendizaje, ya que implican educación y debe generar cambios en la persona. El proceso debe ser reconocer la necesidad de la nueva tecnología, aprender a usarla, aplicarla, reconocer su bondad y finalmente adoptarla. Las metodologías deben considerar que los mensajes o recomendaciones no se deben estandarizar sino que se deban adecuar a las condiciones de cada comunidad o zona (Téllez, 1994).

El proceso de adopción conlleva operaciones mentales por las cuales el individuo pasa desde la primera información sobre una tecnología hasta su adopción definitiva (Téllez, 1994). La adopción de una práctica tecnológica depende de factores como el beneficio que proporcione esta tecnología reconocido por las personas en términos de su rentabilidad y facilidad para aplicarla, relación entre valores de la experiencia de lo que se está haciendo y lo que se busca modificar o introducir, las técnicas de comunicación utilizadas para enseñar.(CYMMYT, 1993).

Se pueden identificar tres niveles de adopción como poner en práctica las recomendaciones, hacerlo correctamente, reconocer las razones para hacerlo los cuales pueden resumirse en forma, uso y significado (Téllez, 1994).

## **2.6 IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACIÓN COMUNITARIA EN LOS PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

El nuevo modelo de desarrollo rural pretende un desarrollo con base en la organización propia e independiente de las personas para la solución de sus problemas y la satisfacción de necesidades como grupo social. Los trabajadores de extensión requieren estrategias de

El nuevo enfoque de extensión de abajo hacia arriba está basado en acciones y procesos participativos en los que el trabajo conjunto en el análisis de la realidad y en la implementación de soluciones para la transformación de la misma (Torrez, 1993).

Cada vez se da más énfasis a la investigación participativa en la que las personas asumen una mayor responsabilidad en la difusión de tecnologías nuevas. La investigación participativa es un proceso de conocimiento colectivo o conjunto de acciones que realiza una comunidad para conocer su realidad global o parcialmente y de esta forma crear un empoderamiento de la misma, sus problemas, necesidades, métodos y las soluciones más convenientes. Esto asegura que las tecnologías sean difundidas con mayor éxito (CIMMYT, 1993).

## **2.7 ESTUDIOS DE TRANSFERENCIA DE LA TECNOLOGÍA REALIZADOS EN NICARAGUA POR "POTREES FOR PEACE"**

En el estudio realizado sobre el impacto del filtrón, en La paz Centro, las familias que usaban por largo tiempo el filtro tenían niños y eran numerosas. El cuidado del filtrón tiene que ver con la conciencia que las familias tienen acerca de la salud de todos los miembros de la familia. La aceptación del filtro tiene como principal causa que consideran más agradable el agua del filtro que la de la llave (menos pesada), lo higiénico que es el agua y principalmente que no tiene sabor a cloro que protege a sus niños y les da seguridad (Mena, 2000 b)

Las comunidades donde hubo una larga trayectoria de problemas de salud ocasionados por el agua, es donde el filtro es utilizado por más tiempo, debido a la conciencia que tienen las personas sobre la importancia de consumir agua saludable. El factor clave para lograr el interés de las personas en el filtro es el nivel de conciencia sobre la importancia de tomar agua sin contaminación y esto se logra cuando antes ha existido un proceso de educación y sensibilización del problema en la comunidad (Mena, 2000 b).

El estudio realizado en El Ocotal, Nicaragua menciona que en esta zona los filtros fueron distribuidos por la Fundación Sol, quien utilizó una política de distribución y promoción diferente que en los otros lugares, ya que se vendió el filtro a un precio un poco menor de su costo real. Dicha organización tiene alrededor de 20 años de existir. La educación y salud son dos aspectos que están presentes en todos sus proyectos, además he integrado al filtro de cerámica impregnado con plata coloidal como uno más de sus proyectos en las comunidades de Ocotal (Mena, 2000 a).

Según Mena (2000 a), las edades predominantes en las familias usuarias del filtro son niños de cero a diez años siguiéndole el rango de 11- 20 años, los niños estaban limpios, la casa también estaba limpia y en su mayoría el filtro es cuidado por la figura femenina.

Las razones por las que les gusta el filtro tienen que ver con la salud, la higiene y además con el estado del agua del filtro (frescura, sabor), esto probablemente se debe a que las enfermedades más frecuentes en los niños son las diarreas y parásitos.

Las opiniones sobre el filtro son que es saludable y eficaz, es mucho mejor que el agua que llega a la casa, es muy importante para la salud de los niños, ahorra dinero y da seguridad a la familia (Mena, 2000 a).

Según Mena (2000 a), el uso del filtro tiene que ver con elementos socioculturales que inciden en la aceptación o no del filtro, la conciencia de que tomar agua pura es indispensable para la salud es una premisa encontrada en Ocota! y que va más allá de la solución práctica e inmediata, sino que trasciende a una solución que ha tenido un proceso histórico.

Algo muy significativo es que la ONG que distribuye los filtros tiene una trayectoria larga de acompañamiento a las comunidades, trabajando en dos ejes la salud y la educación, bases para el trabajo con Filtrón, además de introducir el filtro como parte de un proyecto y no como un artefacto más que se entrega como regalo ante la participación de las personas en otros de sus proyectos. El Filtrón es un proyecto que puede ser sostenible para las ONG's que trabajan en las comunidades (potters For Peace, 2000 b).

Es recomendable que los filtros tengan un valor económico y que no sean regalados, solo en casos especiales que se identifiquen según los criterios de las ONG's. El Filtrón debe tener un periodo de promoción y propaganda, dándole seguimiento después de la entrega (potters For Peace, 2000 b).

En Matagalpa algunos participantes se quejaron de la irregularidad en el tratamiento del agua con cloro. Y en Ocota! expresaron descontento con su fuente de agua debido al sistema de la entrega pobre y el tratamiento inadecuado del agua (potters For Peace, 2000 b). En todos los grupos (Matagalpa, Ocota!, Malacatoya) la característica más apreciada del filtro era la mejoría de la calidad del agua, en términos de la apariencia y el sabor. Los participantes de Malacatoya asociaron la calidad del agua con los beneficios de la salud. Las otras características positivas manifestadas repetidamente eran el fácil uso, sobre todo para los niños, la posibilidad que ofrece de guardar el agua fresca y la menor posibilidad de contaminación del agua (potters For Peace, 2000 b).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO**

Se realizó una prueba de la aceptación del método de purificación de agua con el filtro de cerámica impregnado de plata coloidal en el barrio El Ocotal de Guinope. En la cual se desarrollaron las etapas de verificación de niveles de contaminación del agua que llega a las casas del barrio, definición de una línea base del uso y la apreciación del agua que llega a las casas del barrio, prueba de la eficiencia del filtro en la purificación del agua y en la capacidad de producción de agua potable, evaluación de las ventajas y desventajas del uso del filtro encontradas por los usuarios y el nivel de aceptación del filtro por los usuarios.

#### **3.2 LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO**

El barrio El Ocotal está ubicado en la cabecera municipal de Guinope, la cual está a 1,315 msnm, entre la latitud de 13°51 '18" Y la longitud de 86°55'18"en el departamento de El Paraíso, -zona centro-oriental de Honduras.

Este barrio es abastecido de agua potable por la microcuenca El Capiro que cuenta con un área aproximada de 327 hectáreas y elevaciones mínima de 1,320 msnm y máxima de 1,703 msnm (citado por Sabio, 2000). La cantidad de agua promedio producida por la microcuenca es de 84,422 galones/mes y la precipitación de 127,972.5 gal/mes (Sabio, 2000).

#### **3.3 DEFINICIÓN DE LA LÍNEA BASE DEL PROYECTO**

La definición de los parámetros de base encontrados en la comunidad acerca del uso del agua previamente al uso del filtro se terminaron mediante una encuesta a las personas que se interesaron por conocer el filtro y que asistieron a las reuniones.

### 3.3.1 Determinación del número de muestra

Con las personas que asistieron a la reunión, se calculó un número. de muestra mínimo. con un nivel de confiabilidad de 90% y un error de estimación del 10%, utilizando. la siguiente fórmula para poblaciones finitas:

Según Münh Y Ángeles (2000) para poblaciones finitas la fórmula es:

$$n = \frac{Z^2 p q N}{N^2 e + Z^2 p q} \quad [9]$$

Donde:

Z = nivel de confianza ( valor de la tabla según el N y el nivel de Confianza) N= universo..

p= probabilidad a favor.

q= probabilidad en contra.

e= error de estimación.

n= tamaño. de la muestra.

Para obtener la probabilidad en contra y la probabilidad a favor se calculó con los resultados de las primeras 12 encuestas la probabilidad de que contestaran si y la probabilidad que contestaran no a la siguiente pregunta de la encuesta de línea base:

¿Cree que el agua que llega a su hogar está libre de contaminación y se siente seguro. al tomarla?

Para determinar los casos incluidos en la muestra se tomó de la lista de personas que asistieron a la reunión 30 personas, mediante un muestreo. aleatorio. simple, numerando. la población y eligiendo. los números de forma arbitraria que fueron incluidos en la muestra (Much y Ángeles, 2000).

### 3.3.2 Diseño de la encuesta de línea base

Se analizaron los resultados de los estudios de aceptación desarrollados en Nicaragua que fueron proporcionados por Cerámicas por la Paz y se obtuvo. una lista de variables que pueden influenciar la aceptación del filtro. en una población rural. Se incluyeron variables para conocer el manejo. del agua en los hogares antes de adquirir el filtro..

Los objetivos de esta encuesta son:

1. Definir algunas características de la familia y sus miembros que pueden influir en el manejo. del filtro..
2. Conocer el uso. y manejo. del agua de consumo.
3. Conocer su opinión de la calidad del agua que consumen actualmente.

4. Identificar las enfermedades bacterianas más frecuentemente observadas en los niños menores de cinco años.
5. Cuantificar el agua consumida en el hogar por día.

Los temas analizados con la encuesta de línea base fueron los siguientes:

1. Características de los miembros de la familia y composición familiar (No. de miembros, edad de cada uno, nivel educativo, sexo)
2. Apreciación de la calidad del agua que llega al hogar.
3. Consumo de agua en el hogar.
4. Manejo del agua de consumo (métodos de purificación, formas de almacenamiento).
5. Apreciación de la calidad del agua de los métodos de purificación antes del filtro.
6. Salud y medidas higiénicas en el hogar
7. Observaciones de las condiciones higiénicas del hogar.

### 3.4 PRUEBA DE LA EFICIENCIA DEL FILTRO

#### 3.4.1 Prueba de la eficiencia en eliminación de la contaminación microbiológica mediante muestreos compuestos

Para obtener representatividad de la muestra compuesta se estableció un número de muestra calculado con la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{n'}{1 + n'/N} \quad [ 10 ]$$

$$n' = \frac{S^2}{E\%^2}$$

$$S^2 = p(1 - p)$$

Donde: n= es el número de muestra.

p = grado de confianza de no sobrepasar el error. N = número total de la población.

E%<sup>2</sup> = error máximo tolerable.

S<sup>2</sup> = varianza.

La microcuenca El Capiro abastece de agua a 117 casas del barrio El Ocotál. Utilizando un error máximo tolerable del 4% y un grado de confianza del 95 % se obtiene un número de muestra de 23 casas de las que reciben agua de El Capiro, para reducir cualquier error se tomó un 13% más, es decir 26 casas del barrio muestreadas.

De la lista de abonados del sistema de agua potable, proporcionada por el tesorero de la Junta de Agua del barrio El Ocotál se hizo un muestreo aleatorio simple, numerando la

población y eligiendo los números arbitrariamente que fueron incluidos en la muestra (Münch y Angeles, 2000).

Se necesitaba tener una muestra de agua contaminada del barrio para establecer el nivel inicial de contaminación antes del filtrado y otra muestra de la misma agua del barrio después de pasar por el filtro de cerámica impregnado con plata coloidal.

Para la primera muestra se analizaron los parámetros reportados con niveles de contaminación en la tesis de Sabio del año 2000 (coliformes totales, coliformes fecales nitritos)

Debido a que las muestras provienen de una sola fuente de agua y no se espera una variabilidad alta, se recurrió al muestreo compuesto que permite integrar diferentes submuestras. Se recolectó 300 ml de muestra compuesta por 15 ml de cada casa, en un recipiente de vidrio previamente esterilizado a 15 PSI durante 15 minutos. Para la recolección de la muestra en cada casa se siguieron los siguientes lineamientos de muestreo para análisis microbiológicos recomendados por el Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO):

1. Se limpio el grifo, retirando cualquier objeto extraño del grifo y luego frotando con un paste y detergente.
2. Se abrió la llave: del grifo hasta que alcanzó su flujo máximo y se dejó correr el agua durante 1 minuto.
3. Se esterilizó el grifo, colocando alcohol y poniendo llama durante 1 minuto con un encendedor. Se abrió la llave del grifo y se dejó correr el agua durante 1 minuto.

Utilizando guantes estériles se colectó la muestra en cada casa en un frasco estéril con capacidad de 100 ml Y se tomó con una jeringa estéril 15 ml de agua que se almacenaron en el frasco de 500 ml el cual se transportó en una hielera a 4°C a los laboratorios CESCCO.

Para la recolección de la muestra filtrada se recolectó en cada casa 120 ml, medidos con un beaker de 250ml y almacenados en frascos plásticos para muestreo de aguas, previamente desinfectados con detergente. Luego se depositó las 26 muestras de 120ml (aproximadamente 3 L) en un filtro de cerámica.

Se recolectó la muestra filtrada de 300ml, en bolsas de polietileno estériles, siguiendo los mismos lineamientos de muestreo para análisis microbiológico s descritos anteriormente. Luego se transportó a los laboratorios CESCCO en una hielera a 4°C.

De cada casa se tomó una muestra de 15 ml. con una jeringa esterilizada, para formar una muestra compuesta de agua contaminada de 300ml, la cual se almacenará a 4°C en un frasco de 500ml esterilizado y fue enviada al laboratorio CESCCO para hacer análisis microbiológico de coliformes totales y fecales y el análisis de contaminación química de nitritos y cloro total.

Este primer muestreo compuesto se llevó a cabo el día 2 de febrero del 2001, Y el segundo se repitió el día 9 de marzo, siguiendo el mismo proceso, pero realizando solamente pruebas de coliformes totales en el laboratorio de análisis de agua de la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente de Zamorano.

### **3.4.2 Prueba de la eficiencia mediante muestreo de cinco casas donde usan el filtro**

Con los objetivos de validar la eficiencia del filtro en la descontaminación microbio lógica del agua, y comprobar el uso adecuado del filtro por los habitantes del barrio El Ocotál se realizó el muestreo en cinco casas del barrio que estuviesen utilizando el filtro. Dichas casas fueron escogidas en la lista de personas que habían comprado el filtro y de forma que distribuidas en todo la red de distribución de agua del barrio, para asegurar la representatividad de todo el sistema en los cinco puntos escogidos.

De cada casa se tomaron muestras de la llave y del filtro de 200 ml cada una, utilizando bolsas de polietileno estériles y siguiendo los mismos procedimientos descritos anteriormente para análisis microbiológicos recomendados por CESCO. Los parámetros analizados en las diez muestras de las cinco casas visitadas fueron coliformes totales, pH, y cloro total.

**3.4.2.1 pH.** El análisis del pH se realizó en el laboratorio de análisis de aguas de Zamorano (DSEA). Para cada muestra se utilizó una solución amortiguadora de pH 4 a 30°C y otra solución amortiguadora de pH 7 a 30°C. Con estas soluciones se ajustó el valor del potenciómetro para luego tomar el valor del pH del agua de cada muestra, utilizando un potenciómetro digital marca WTW.

**3.4.2.2 Coliformes totales.** Para el análisis se utilizaron 100ml de agua de cada muestra, membranas filtrantes (tipo de filtro 0.45 micras, white 47 mm gridded sterile) de la marca Millipore, medio de cultivo midiendo caldo para cultivo bacteriológico en ampollas de 2ml., una incubadora marca Revco regulada a 45°C por 24 horas, extractor y embudo magnético de filtración.

**3.4.2.3 Cloro libre.** Esta prueba se hizo en el campo utilizando un kit colorimétrico marca HACH modelo No.20603, graduado en escala de 0.5 hasta 2.5 mg/l de cloro hora. Se siguieron las recomendaciones de uso del kit, enjuague del cubo con el agua muestreada, llenado del cubo hasta la marca, adición a la muestra de agua del paquete del reactivo, tapar, sacudir bien y comparar del color de la muestra con el del tubo.

### **3.4.3 Prueba de la eficiencia del filtro en la descontaminación bacteriológica según el tiempo de contacto de la plata coloidal con las bacterias del agua**

Se realizaron treinta pruebas de cantidad de agua filtrada por tres filtros, de las cuales se seleccionó la más alta, por ser la más desfavorable en cuanto al tiempo de contacto con la plata coloidal.

Se midió el diámetro "2r" del filtro y la altura del nivel inicial del agua "H" para utilizados en la fórmula de volumen del agua filtrada, y a partir de ella determinar el valor de x (nivel final del agua) después de una hora de filtrado.

$$\text{Volumen de agua} = \pi r^2 (H-x) \quad [ 11 ]$$

Donde H es la altura del nivel inicial del agua y r el radio promedio del filtro.

A partir de la ecuación [ 3 ] de la revisión de literatura se obtuvo el valor de la constante de conductibilidad hidráulica "k", para después determinar la eficiencia al contrastar dicho valor con el valor máximo permisible de "k". Este valor de "k" máximo permisible fue tomado de la expresión [ 7 ] de la revisión de literatura.

#### 3.4.4 Prueba de la cantidad de agua potable producido por el filtro

Con el objetivo de establecer la cantidad de agua producida por el filtro si se rellena en intervalos de una hora, de dos horas, de tres horas, de cuatro horas o en intervalos de cinco horas se realizaron mediciones de la cantidad de agua filtrada en dichos intervalos de tiempo. Esta prueba se realizó en tres filtros para poder definir promedios de tiempo de filtración y cuantificar la cantidad de agua potable promedio producida por un filtro de cerámica.

Estos promedios de agua en cada intervalo de tiempo se multiplicaron por un factor, que resulta de dividir 12 entre el intervalo de tiempo de rellenado en horas, y así se obtuvo la producción de agua durante doce horas, para cada intervalo de tiempo de rellenado. El siguiente cuadro presenta en forma resumida como se hicieron estas anotaciones y cálculos de producción de agua.

Cuadro 2. Cálculo de la cantidad de agua producida en 12 horas del día en cinco intervalos de tiempo de rellenado.

<b>Intervalo de rellenado</b>	<b>1 hora</b>	<b>2 horas</b>	<b>3 horas</b>	<b>4 horas</b>	<b>5 horas</b>
PIx	PI1	PI2	PI3	PI4	PI5
PTx	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5
PP12H	PP12H1	PP12H2	PP12H3	PP12H4	PP12H5

Donde' PIx es el promedio incremental en cada intervalo de rellenado, PTx es el promedio de producción total de agua en cada intervalo de llenado y PP12H es la cantidad de agua producida durante 12 horas de filtrado con cada intervalo de rellenado.

### **3.5 ESTABLECIMIENTO DEL PROCESO PARTICIPATIVO DE LA COMUNIDAD EN LA SOLUCIÓN DE SUS PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

#### **3.5.1 Identificación de la población meta**

Considerando que el enfoque actual en los trabajos de proyectos comunitarios es el trabajo de abajo hacia arriba, es decir desde las unidades familiares, los grupos comunitarios y las organizaciones promotoras, es muy importante identificar la población meta o capital social y seleccionar las organizaciones involucradas en la solución de los problemas de abastecimiento de agua potable.

#### **3.5.2 Diagnóstico de la situación**

Se discutió con los miembros de la Unidad Municipal Ambiental (UMA), las probabilidades de éxito del proyecto y las recomendaciones para involucrar a los miembros del barrio en la realización del proyecto. Para involucrar a las personas del barrio El Ocotil y garantizar el éxito del proyecto se trabajó a través de la Junta de Agua del barrio, a los cuales se convocó a reunión por medio de la UMA.

En dicha reunión se explicó a la UMA y a los integrantes de la Junta de Agua del barrio El Ocotil los resultados de contaminación de la microcuenca que abastece al barrio obtenidos en la investigación del año anterior y se hizo una reflexión comparándolos con

los parámetros establecidos en la norma de calidad de agua potable del país. También se presentaron los objetivos del proyecto de transferencia del método de purificación con el filtro de cerámica impregnado de plata coloidal y el calendario de actividades programadas para la realización del proyecto.

Se discutió la calendarización de actividades y se establecieron posibles colaboradores para cada actividad, las horas y fechas de trabajo más convenientes para los colaboradores voluntarios de ambas organizaciones de la comunidad.

#### **3.5.3 Motivación e información a nivel comunitario**

Para involucrar e informar a los habitantes del barrio acerca de las actividades de muestreo de agua en sus casas se visitó junto con el secretario y tesorero de la Junta de Agua a las familias escogidas como parte de la muestra y se les informó de la finalidad y la fecha de la actividad. Con la colaboración de los miembros de la Junta de Agua se repartieron invitaciones para una reunión con todos los miembros de la comunidad, la Junta de Agua y la UMA.

En dicha reunión se expusieron y discutieron temas como los niveles de contaminación de la microcuenca tanto del año 2000 como los del 2001 obtenidos mediante el muestreo en algunas de las casas del barrio, enfermedades que se transmiten por el agua contaminada.

posibles causas de la contaminación de las aguas superficiales, medidas higiénicas para evitar las enfermedades transmitidas por el agua, el uso adecuado y el cuidado del filtro de cerámica impregnado de plata coloidal.

El uso y los cuidados del filtro fueron explicados utilizando material ilustrativo y también en forma demostrativa. Luego se discutió acerca del costo del filtro. A sugerencia de algunas personas se acordó establecer un sistema de crédito en tres pagos de Lp. 35.5 cada uno, los cuales fueron cancelados al tesorero de la Junta de Agua. El tesorero de la Junta de agua fue el encargado de llevar el registro de la venta de los filtros.

Con la finalidad de obtener información para el diseño de las encuestas, se realizó un monitoreo del uso del filtro en el que consultó sobre el uso que se le estaba dando al filtro, las ventajas y desventajas percibidas por los usuarios y su opinión sobre el costo del filtro.

Debido a que la mayoría de los asistentes a la reunión fueron los jefes de familia, se hizo necesario explicar nuevamente, durante el monitoreo del uso del filtro, los cuidados que se deben tener para hacer un uso correcto del filtro y además se respondió a cualquier duda que había sobre el filtro.

### **3.5.4 Contabilización de la inversión de tiempo de cada organización involucrada en el proyecto**

Se cuantificó la participación de cada organización o institución involucrada durante todo el proceso, midiendo el tiempo invertido por cada persona o institución y las actividades en que participaron, esto se transformó a unidades monetarias tomando como referencia el salario mínimo en el país para el tiempo invertido por los participantes de la Junta de Agua del barrio El Ocotal y de la UMA y el salario promedio en el mercado para un

extensionista rural. En base a los datos reportados por las señoras durante las entrevistas de monitoreo se estimó el tiempo invertido por las señoras en el rellenado y lavado del filtro durante todo el proyecto.

De esta manera se puede tener una idea de la inversión necesaria solo en recurso humano para un proyecto de este tipo, así como también del nivel de participación comunitaria necesario en la realización del mismo.

### **3.6 DETERMINACIÓN DE LA ACEPTACIÓN DEL FILTRO, LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENCONTRADAS POR LOS USARIOS.**

Para determinar la aceptación del filtro por los usuarios se desarrollaron actividades que ayudaron a comprender las apreciaciones de las personas acerca del filtro y de las ventajas que éste les ofrece, lo cual ayudó a mejorar y especificar las variables que se incluyeron finalmente en la encuesta.

### **3.6.1 Diseño de la encuesta de aceptación**

En base a un análisis de la información acerca de las investigaciones desarrolladas en Nicaragua por Cerámicas por la paz se diseñó un cuestionario con preguntas acerca de las ventajas y desventajas encontradas por los usuarios del filtro. Este cuestionario se utilizó para hacer el monitoreo del uso del filtro, sus ventajas y desventajas encontradas por los usuarios.

### **3.6.2 Monitoreo del uso del filtro**

Con la colaboración del Secretario de la Junta de Agua se realizó el monitoreo, para el cual se plantearon los siguientes objetivos:

1. Conocer la opinión de los usuarios acerca del precio del filtro.
2. Identificar las ventajas y desventajas encontradas por los usuarios en el uso del filtro.
3. Conocer el manejo que se le está dando al filtro.
4. Cuantificar la cantidad de agua filtrada consumida por la familia.
5. Conocer el uso que se le da al agua filtrada.
6. Conocer la aceptación del agua filtrada.

Los temas que se incluyeron en el monitoreo fueron:

1. Ventajas y desventajas del filtro de cerámica, en términos de tiempo, cantidad y calidad de agua filtrada.
2. Manejo del filtro es decir los cuidados que tengan (llenado frecuente, limpieza y tapado).
3. Uso que se le da al agua filtrada (lavado de alimentos de consumo fresco, cocinado de alimentos, bebida, higiene bucal y alimentación de bebés).
4. Aceptación de las características organolépticas del agua filtrada (olor, sabor, color y frescura).

### **3.6.3 Encuesta final de la prueba de aceptación**

Con las respuestas del monitoreo y la discusión con los usuarios del filtro se obtuvieron las ideas que debían incluirse en la encuesta de aceptación del filtro.

Los objetivos de la encuesta final fueron:

1. Identificar las ventajas y desventajas encontradas por los usuarios en el uso del filtro.
2. Conocer el manejo que se le ha dado al filtro.
3. Cuantificar la cantidad de agua filtrada consumida por la familia.
4. Conocer el uso que se le da al agua filtrada.
5. Evaluar la aceptación del agua filtrada.

6. Comparar el método de purificación del agua por filtración con los anteriormente utilizados.
7. Evaluar la intención de uso del filtro para el próximo año.

Los temas a incluidos en la encuesta de final fueron:

1. Adquisición y cuidados del filtro.
2. Apreciación de la calidad del agua producida por el filtro.
3. Consumo de agua filtrada en el hogar.
4. Manejo del filtro.
5. Ventajas y desventajas encontradas por los usuarios.
6. Intenciones de uso para el próximo año.

### 3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

#### 3.7.1 Pruebas de pO y temperatura

El análisis estadístico de las diferencias en pH y temperatura, entre el agua de la llave y el agua del filtro fue realizado usando pruebas t para la igualdad de medias, en el programa estadístico SAS. La fórmula usada para estas pruebas es:

$$T = \frac{(x - y)}{Sp / \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad [ 12 ]$$

Donde:

x = promedio de pH o temperatura en el agua del filtro

y = promedio de pH o temperatura en el agua de la llave

$n_1$  = numero de muestras del agua del filtro

$n_2$  = numero de muestras del agua de la llave

$$Sp^2 = \frac{(n_1 - 1)Sx^2 + (n_2 - 1)Sy^2}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

donde:

$Sx$  = desviación standard del pH o temperatura del agua del

filtro  $Sy$  = desviación standard del pH o temperatura del agua de la llave

Bajo la hipótesis nula de que no hay diferencias entre las características del agua de la llave y el agua filtrada, T tiene una distribución t con  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad. En todos los casos se utilizó un nivel de significancia del 5%.

### **3.7.2 Análisis de las encuestas de línea base y de aceptación, ventajas y desventajas del uso del filtro.**

El análisis de los datos de la encuesta de línea base se efectuó por medio del programa estadístico para variables sociales SPSS, estudiando las diferencias en porcentaje y frecuencias para las variables cualitativas y medias, porcentajes y frecuencias para las variables cuantitativas, separando el análisis en dos grupos, el grupo que no compró el filtro y el grupo que si lo compró, para poder identificar las razones que influyen en la adquisición del mismo. El mismo tipo de análisis se realizó para la encuesta de aceptación ventajas y desventajas.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA DE LÍNEA BASE DEL PROYECTO**

#### **4.1.1 El número de muestra**

Las personas interesadas en conocer el filtro fueron 42, de las cuales se entrevistó a las 12 primeras para determinar las 7 que contestaron que sí tenían confianza en el agua del sistema, 10 cual significa una probabilidad a favor del 58.33% y en contra de 41.66%, con esto se obtuvo un número de muestra de 27, al cual se le sumó un 10% más, es decir 30 encuestas en total para el establecimiento de la línea base.

Para determinar los casos incluidos en la muestra se tomó de la lista de personas que asistieron a la reunión, mediante un muestreo aleatorio simple, numerando la población y eligiendo los números de forma arbitraria que fueron incluidos en la muestra (Müoch y Angeles, 2000).

Se encuestaron cinco casos más de las personas que compraron el filtro casi un mes después de la reunión, obteniendo así un total de 35 encuestas (83% de los asistentes a la reunión), de las cuales 14 no compraron el filtro y 21 si lo compraron. Las personas entrevistadas fueron en todos los casos las señoras de la casa y en lo posible también el señor de la casa.

#### **4.1.2 Características que pudieron influir en la adquisición del filtro**

El estudio de la encuesta de línea base del proyecto se enfocó esencialmente al conocimiento de seis temas que ayudaron a diferenciar dos grupos dentro de la población estudiada, marcados cada uno por el hecho de haber adquirido o no el filtro de cerámica. El análisis ordenado por cada tema de interés y diferenciado para cada grupo se presenta resumido a continuación:

**4.1.2.1 Características familiares.** El tamaño de familia para los hogares con filtro se acumula en los rangos de mediano y grande en un 87 % de los hogares, mientras que para los que no tienen filtro un 71 % se acumula en estos rangos. Aunque en promedio los dos grupos no son diferentes, ya que hay 5 miembros por familia. Las distribuciones por tamaño de familia para cada grupo se pueden ver en el cuadro 3.

Cuadro 3. Tamaño de la familia separado en población con filtro y sin filtro

TAMAÑO DE FAMILIA (N° de miembros)	TIPO DE POBLACIÓN			
	CON FILTRO		SIN FILTRO	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
PEQUEÑA 2-3	3	14.3	4	28.5
MEDIANA 4-5	11	52.4	5	35.7
GRANDE 6-8	7	33.3	5	35.7
MEDIA	4.9	100.0	5.14	100.0

En cuanto al sexo, el grupo que tiene el filtro acumula un 23% de mujeres y 25% de niñas, mientras que el grupo que no tiene filtro un 29% de niñas y un 25% de mujeres. En hogares con filtro un 26% son hombres y un 23% niños, mientras que en los hogares sin filtro 7% niños

La edad predominante en ambos grupos son los niños, En las familias con filtros son 43.4% y en las que no tienen filtro representan 39%. Y dentro de cada una para los que tienen filtro un 17% están en el rango de 11-15 años y en los que no tienen filtro el rango de 6-10 tiene un 18%. El rango de 0-5 años es mayor en los que no tienen filtro (17%) que en los que tienen filtro (11%). Los niveles educativos para cada grupo, diferenciados en padres y madres de familia se pueden ver en el cuadro 4.

Cuadro 4. Niveles educativos en porcentaje de la madre y el padre de familia en cada grupo de los que tienen ó no -filtro de cerámica.

NIVEL EDUCATIVO	TIPO DE EDUCACION			
	CON FILTRO (%)		SIN FILTRO (%)	
	MADRE	PADRE	MADRE	PADRE
NINGUNO	19.0	23.8	23.1	46.2
PRIMARIA INCOMPLETA	28.6	33.3	38.5	38.5
PRIMARIA	38.1	33.3	33.3	33.3
SECUNDARIA	14.3	0.0	0.0	0.0

Se puede comparar en el cuadro 4 el mejor nivel educativo de la madre en el grupo que tiene filtro alcanzando casi un 52.4% entre nivel primario y secundario. El nivel educativo del padre en los que no tienen filtro es mucho menor (22%) que en los que si lo tienen.

Las capacitaciones son mucho más frecuentes en los hogares donde no hay filtros (50%) y menos frecuentes en las que si tienen (42.9%). Un 28% de los que no tienen filtro fueron capacitados en salud.

**4.1.2.2 Características socioeconómicas de la familia.** Se escogieron como indicadores

aproximado mensual familiar. Este último fue la variable más difícil de investigar debido a que la mayoría de los habitantes del barrio se dedican a la agricultura, que es una actividad económica con muchas variaciones en los ingresos o incluso, en muchos casos ocasiona pérdidas. Las frecuencias de tipos de casas que se pueden encontrar en cada grupo, usuarios del filtro y no usuarios se observan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Frecuencias de tamaño de la vivienda en ambos grupo

TAMAÑO DE LA VIVIENDA	TIENE FILTRO		NO TIENE FILTRO	
	FRECUENCIA	%	FRECUENCIA	%
PEQUEÑA	10	47,6	11	78,5
MEDIANA	8	38	3	21,4
GRANDE	3	14		

Nota: casa pequeña es con una habitación, sala y cocina. Casa mediana es con dos o tres habitaciones, sala y cocina. Casa grande más de tres habitaciones, sala y cocina.

El cuadro 5 muestra que casa pequeña (una habitación, sala y cocina), puede tener relación con el hecho de que no hayan comprado el filtro. Y aún en los que tienen filtro la casa es pequeña en el 50% de los casos. El tipo de material de construcción de la casa de los que tienen el filtro en el 76% de los casos es de adobe y para los que no tienen filtro un 85.7% es de adobe. Dentro de los hogares con filtro hay un 19% construido de ladrillo, mientras que en los que no tienen filtro solo 7.1 % son de ladrillo. El nivel aproximado de ingresos se puede observar a continuación en el cuadro 6.

Cuadro 6. Nivel aproximado de ingresos mensuales en grupo con filtro y grupo sin filtro.

GRUPO	NIVEL APROXIMADO DE INGRESOS MENSUALES EN LEMPIRAS			
	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	DESVIACIÓN ESTANDAR
CON FILTRO	1,096.53	2800	250	609.78
SIN FILTRO	1234	2500	700	532.47

El cuadro 6 explica que los dos grupos casi están en igual media de ingresos mensuales, pero el grupo que tiene filtro presenta un rango mucho más amplio que el grupo de los que no tienen filtro, por lo que se puede decir que probablemente hay muchos hogares que compraron el filtro con ingresos bajo los 1000 lempiras. Estos datos son solo de las personas que pudieron contestar la pregunta ya que muchos se dedican a la agricultura para consumo, así que no pueden saber un ingreso aproximado mensual.

La gran mayoría se dedica a trabajar como jornaleros en la agricultura. En el grupo de los que tienen filtro 52.3% se dedican a la agricultura y un 43% son empleados como jornaleros en la agricultura.

La participación en grupos comunitarios es una variable en la que la diferencia entre los dos grupo es muy clara, debido a que el grupo que tiene el filtro un 71.4% de los hogares participan o han participado en grupos de la comunidad y en el grupo donde más frecuentemente participan es en la Junta de Agua (43%). Mientas que los hogares que no tienen filtro un 50% de ellos participan o han participado en grupos. La organización en la que más participan es en el Patronato (21 %).

**4.1.2.3 Apreciación de la calidad del agua que llega a sus hogares.** La calidad del agua esta también definida por sus características organolépticas, por lo cual es importante evaluar esta apreciación con las personas del barrio El Ocotil, ya que probablemente depende de ésta la aceptación del agua filtrada. La apreciación de cada grupo del agua que llega a su casa se detalla en el cuadro 7.

Cuadro 7. Apreciación de las características organolépticas del agua que llega a los hogares los que tienen filtro y los que no tienen filtro.

CARACTERISTICAS	CALIDAD DEL AGUA QUE LLEGA A LAS CASAS	
	CON FILTRO % SI	SIN FILTRO % SI
<b>TEMERATURA</b>		
Caliente	28.6	7.1
Fría	4.8	7.1
Fresca	57.1	87.7
Al tiempo	9.5	
<b>APARIENCIA</b>		
Buena	57.1	85.7
Regular	38.1	14.3
Mala	4.8	0
<b>OLOR DEL AGUA</b>		
Mal olor	9.5	0
Olor a cloro	76.2	78
Ningún olor	14.3	21.4
<b>SABOR</b>		
Sabor a cloro	71.4	50
Ningún sabor	28.6	50

El cuadro 7 indica que hay una dependencia del grupo que no tiene filtros con la apreciación positiva o a favor del agua que llega a sus hogares y todo lo contrario en el grupo de los que si tienen filtro, especialmente en la apariencia 57% buena, 14.3% mala y 38.1 % regular en los que tienen filtro. Comparado con los que no tienen filtro que piensan en el 87% de los casos que el agua tiene una apariencia buena y en 0% de los casos piensa que la apariencia es mala.

Estas diferencias en apreciación de las características organolépticas del agua también se manifiestan en la apreciación general del agua que llega a sus hogares, ya que el grupo que no tiene filtro en el 78% de los casos piensan que es buena y un 21% que es regular. Los que tienen filtro solamente en un 38% de los casos piensan que es buena y un 57% piensan que es regular.

Si comparamos la confianza que tienen en calidad microbiológica del agua los dos grupos nos damos cuenta que de los que tienen el filtro 52% no confían y 47% si confían, sin embargo el grupo que no tiene el filtro un 78% confían en el agua y solo el 21 % no confían en ella.

**4.1.2.4 Salud y medidas higiénicas en el hogar.** De las familias que no tienen filtro un 71 % de ellas respondieron que si habían padecido enfermedades transmitidas por el agua y la más frecuentemente mencionada fue la diarrea en un 64% de los casos, también mencionaron en un 14% de las familias haber tenido incidencia de hepatitis A. Un 76% de las familias que tienen filtro mencionaron haber tenido incidencia de enfermedades en su familia, en el 62% de las familias la más común fue la diarrea y solo un 4.8% de éstas citaron casos de hepatitis A.

En las familias que tienen filtro los más afectados por estas enfermedades son los niños (57% de las casas consultadas), y en un 71.4% de las familias tratan de prevenir enfermedades, usando en la mayoría de los casos (57%) la purificación del agua, además un 28.6% de los casos cuidan la higiene en el hogar. Mientras que las familias que no tienen filtros los más afectados por las enfermedades siguen siendo los niños 50% pero solo un 28% de ellas tratan de prevenirlas, y de éstas un 21 % las previenen purificando el agua.

**4.1.2.5 Condiciones de higiene observadas.** En el 45% de las familias que tienen filtros los niños no estaban limpios, pero en un 58% de éstas la casa estaba limpia y la cocina estaba limpia en un 80% de los casos. En general, las condiciones de higiene en el hogar en el 20% de los casos son muy buenas, en el 25% de los casos son buenas y en el 50% son malas.

En el 57% de las familias que no tienen filtro los niños no estaban limpios, un 78% de éstas no tenían limpia su casa y un 64% no tenían limpia su cocina. En general las condiciones de la higiene en el hogar en un 42.9% de los casos eran malas y en un 35% regulares.

**4.1.2.6 Apreciación de los otros métodos de purificación usados en el barrio E Ocotil** El cuadro 8 muestra claramente que las características organolépticas más frecuentemente identificadas en el agua tratada con cloro son el sabor y el olor a cloro motivo por el cual el método ya no se usa en ninguna de las casas encuestadas. El agua hervida es poco apreciada por el mal sabor, la mala apariencia y el mal olor.

Cuadro 8. Apreciación de las características organolépticas del agua purificada con los métodos más utilizados en el barrio

CARACTERISTICAS	AGUA CLORADA	AGUA HERVIDA
	CON FILTRO % SI	SIN FILTRO % SI
TEMPERATURA		
Caliente	0	10
Fría	0	0
Fresca	66	60
Al tiempo	33	30
APARIENCIA		
Buena	83	66
Regular	16	11
Mala	0	22
OLOR DEL AGUA		
Mal olor	0	20
Olor a cloro	66	0
Ningún olor	33	80
SABOR		
Sabor a cloro	66	0
Ningún sabor	33	30
Mal sabor	0	70

Esta define. el consumo y manejo del agua en los hogares antes del uso del filtro, lo cual permitirá conocer las diferencias en el manejo y consumo con el uso del filtro.

**4.1.3.1 Consumo de agua en el hogar.** Para el grupo de los que tienen filtro el mayor consumo de agua es en la preparación de alimentos en la cual consumen un 43% del agua con un promedio de 10.38 litros por casa, le sigue el consumo de agua para beber con un 36% y promedio de 5.07 litros consumidos en cada hogar, el menor consumo es para lavar vegetales o frutas que representa un 20% del consumo y en promedio cada casa usa 4.5 litros por día.

En los hogares que no compraron el filtro el mayor consumo es un 60% del agua consumida en preparar alimentos, con un promedio de 11.35 litros por casa, le sigue el consumo de agua para lavar vegetales con un 20.8% del agua y un promedio de 3.92 litros, el consumo de agua para beber es de 18.9% del agua con un promedio de 3.57 litros de agua por cada hogar en un día.

Los mayores consumidores de agua en los hogares que obtuvieron el filtro son los niños (57% de los casos) probablemente este hecho contribuyó a un mayor interés en su adquisición, en contraste con los hogares que no lo adquirieron, donde el mayor consumo es por parte de los padres de familia (52% de los mismos).

**4.1.3.2 Manejo del agua consumida por la familia.** Las familias que si tienen filtro en un 62% de los casos usaban anteriormente otro método de purificación, como el clorado (28.6%) y la ebullición (33.3%). De las familias que no tienen filtro solo un 28% usaban anteriormente algún método de purificación y el más usado era la ebullición (14% de los casos).

Los hogares que ahora usan filtro podían purificar con los métodos anteriores 6.18 litros en promedio para cada casa, con un rango de 1-16 litros, mientras que en los hogares que no usan el filtro antes podían tener en promedio 5 litros por casa con sus actuales métodos de purificación, con un rango de 2.1-8 litros máximo.

Del grupo de hogares que adquirieron el filtro, 43% usaban el agua purificada esencialmente para beber y también en 9.6 % de los casos para alimentar bebes, mientras que del grupo que no tienen el filtro usaban en un 21.4% de los casos el agua para beber.

En cuanto al tipo de recipiente para almacenar agua en el caso de las familias que adquirieron el filtro, usaban en su mayoría (38% de los casos) recipientes con tapa pero no herméticos, cuando no se purificaba el agua este aumentaba a un 78%. En contraste con los hogares donde no obtuvieron el filtro pero utilizan algún método de purificación donde solo el 21.4% de los casos guarda el agua en recipientes herméticos, los que no purifican guardan en un 50% de los casos el agua para beber en recipientes con tapa pero no herméticos y en un 29% de los casos no almacenan agua para beber.

## **4.2 PRUEBA DE LA EFICIENCIA DEL FILTRO**

La eficiencia del filtro está determinada por la eliminación de la contaminación microbio lógica del agua y por la cantidad de agua potable que es capaz de producir para el consumo diario de una familia. Ambas están dadas por la constante de conductibilidad del filtro, de la cual depende el tiempo de contacto de la plata coloidal con los microorganismos que contenga el agua contaminada.

### **4.2.1 Prueba de la eficiencia en eliminación de la contaminación microbiológica mediante muestreos compuestos**

Los resultados de las muestras compuestas de las llaves y la muestra compuesta filtrada se presentan a continuación en el cuadro 9.

Cuadro 9. Resultados de análisis de pruebas t para la igualdad de medias de muestras compuestas.

MUESTRA	COLIFORMES (UFC/100ml)		NITRIDOS (MG/l)	COLOR TOTAL
	TOTALES	FECALES		
PRIMERA LLAVE	39	1	menor a 0.02	0.02
PRIMERA DE FILTRO	0	0	-----	-----
SEGUNDA DE LLAVE	0	0	-----	-----
SEGUNDA DE FILTRO	0	0	-----	-----

Nota: las líneas continuas indican que las pruebas no se hicieron en la muestra.

En el primer muestreo del mes de febrero, los parámetros que muestran niveles de contaminación según la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (1995), son los bacteriológicos, los cuales no deben presentar unidades formadoras de colonias (UFC) en agua tratada que entra a sistemas de distribución. Dicha contaminación se presentó solamente en la muestra compuesta de las llaves del barrio y no en la del filtro, lo cual indica que en esta muestra el filtro fue eficiente en la descontaminación del agua. Debido a que no se encontró contaminación por nitritos ni por cloro no se realizaron las pruebas para la muestra filtrada.

En el segundo muestreo no se detectó la presencia de UFC de coliformes totales en ninguna de las muestras, por lo cual no se procedió a muestrear para detectar coliformes fecales. Cabe mencionar que el hecho de no encontrar coliformes en este muestreo se debe a que la Junta de Agua del barrio aplicó cloro en el sistema de distribución, lo cual no sucedió durante el primer muestreo. Así que estos resultados también demuestran que la aplicación de cloro fue efectiva en la eliminación de la contaminación bacteriológica. Pero no permitieron comprobar la capacidad del filtro en descontaminación microbiológica

#### **4.2.2 Prueba de la eficiencia en eliminación de la contaminación microbiológica mediante muestreo de cinco casas donde usan el filtro**

Los resultados del análisis de coliformes totales en las muestras provenientes de las llaves y los filtros, de las cinco casas del barrio, no mostraron UFC de dichos microorganismo, debido a lo mencionado anteriormente acerca de la aplicación de cloro en el sistema de distribución, por lo cual no se puede verificar en este muestreo la eficiencia del filtro en eliminación de la contaminación bacteriológica, pero si demuestra la eficiencia de la cloración en la eliminación de la contaminación bacteriológica del agua en el sistema de distribución del barrio.

**4.2.2.1 pO Y temperatura.** Acerca de estos parámetros no se tienen datos previos, sin embargo se investigaron debido a la influencia que estas características del agua tienen en

la aceptación del agua del filtro por las personas de la comunidad. Los resultados de estas pruebas se resumen en el cuadro 10.

Cuadro 10. Resultados de las pruebas t para la igualdad de medias del pH y la temperatura en las muestras de los filtros y las de las llaves de 5 casas del barrio El Ocotal.

CARACTERISTICAS DE MUESTRAS	AGUA (n1= n2)	AGUA DEL FILTRO	AGUA DE LA LLAVE	T CALCULADO	T TEÓRICO
pH	5	6.882 (0.250)	6.544 (0.266)	2.066	1.86
TEMPERATURA	4	19.25 (0.500)	2.10 -1.155	-2.781	-1.943

Notas: Números en paréntesis son las desviaciones standard. El T teórico es calculado con  $\alpha = 0.05$  y  $g.l. = n1+(n2-2)$ ,

De acuerdo al cuadro 10 el pH y temperatura entre el agua filtrada el agua de la llave son estadísticamente diferentes ( $\alpha = 0.05$ ). Hay suficiente evidencia para concluir que agua filtrada tiene mayor pH y menor temperatura que el agua de la llave ( $\alpha = 0.05$ ). En promedio el agua filtrada fue 0.338 unidades de pH mayor y casi dos grados de temperatura menor que el agua de la llave. Estas variaciones en pH y temperatura probablemente mejoren el sabor del agua ya que el pH se acerca a neutral.

**4.2.2.2 Cloro libre.** Los resultados de las pruebas de colorimetría que se hicieron para detectar el cloro total en las muestras de agua de llaves y filtros se resume en el cuadro 12.

Cuadro 11. Resultados de las pruebas de cloro total en muestras de filtros y de llaves de cinco casas del barrio El Ocotal.

N° DE MUESTRA	CLORO LIBRE (mg/L)	
	AGUA DEL FILTRO	AGUA DE LA LLAVE
1	0	menor que 0.5
2	0	menor que 0.5
3	0	menor que 0.5
4	0	menor que 0.5
5	0	menor que 0.5

Según el cuadro anterior el agua del filtro no presentó trazas de cloro total en ninguna muestra de filtros y obtuvo valores muy pequeños, menores a la escala más pequeña del tubo de comparación, por lo que no se le pudo asignar un valor exacto que sirviera para análisis estadísticos comparativos. Sin embargo, la prueba indica que el filtro elimina el cloro presente en el agua.

#### 4.2.3 Prueba de la eficiencia del filtro en la descontaminación bacteriológica según el tiempo de contacto de la plata coloidal con las bacterias del agua

De acuerdo a las mediciones de producción de agua efectuadas del filtro en una hora, se obtuvo un diámetro interior promedio de 20cm y una altura del nivel inicial del agua de 20cm. Se tomó como volumen máximo de agua en una hora 3 litros, que es el caso más desfavorable. Estos resultados se sustituyeron en la fórmula de volumen de agua siguiente:

$$\text{Volumen de agua} = \pi r^2 (H-x), \text{ resulta}$$

$$0.003 = \pi (0.1)^2 (0.2-x)$$

$x \approx 0.1\text{m}$ , teniendo en cuenta la ecuación [3]:

$$k = \frac{b}{r} \ln \left( \frac{H \cdot (1 + \lambda \cdot (x/H))}{x \cdot (1 + \lambda \cdot)} \right)$$

Sustituyendo los valores anteriores, resulta

$$k = \frac{0.01}{1} \ln \left( \frac{2 \cdot (1 + 2(0.1/0.2))}{\cdot (1 + 2)} \right)$$

$$k \approx 2.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$$

Teniendo en cuenta la expresión [3] de la revisión de literatura, en este caso resulta un valor de  $k$  aproximadamente 100 veces mayor que el valor de  $k$  permisible y no 1,000 veces mayor como señala la expresión [8] desarrollada por Eriksen (2000) en la revisión de literatura, lo que supone una mejora significativa con relación a la eficiencia del filtro en la eliminación de la contaminación bacteriológica del agua.

#### 4.2.4 Prueba de la cantidad de agua potable producida por el filtro

Según las pruebas de producción media de agua filtrada producida utilizando cinco intervalos de tiempo de rellenado del filtro, se obtuvo las cantidades de agua potable durante un día que se observan en el figura 3

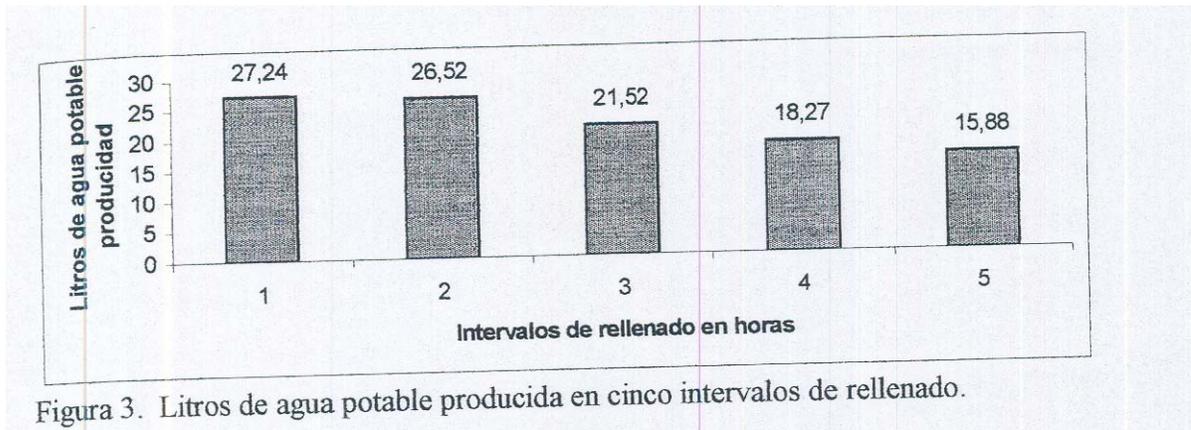


Figura 3. Litros de agua potable producida en cinco intervalos de rellenado.

Estas mediciones expresan cuantitativamente que si rellenamos el filtro cada cinco horas, es decir aproximadamente dos veces durante el día, la cantidad de agua que se puede obtener son aproximadamente 16 litros de agua purificada, solo un 58% de lo que se tendría si se rellena cada hora.

Para evaluar estos resultados hay que tomar en cuenta que cada familia a pesar de lo ventajoso que es rellenar cada hora, en términos de cantidad producida, escoge el intervalo de rellenado según su tiempo disponible durante el día para rellenar el filtro y el consumo de agua filtrada durante en día por los miembros de la familia.

#### **4.3 PROCESO PARTICIPATIVO DE LA COMUNIDAD EN LA SOLUCIÓN DE SUS PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

Se siguió un proceso de trabajo que involucró a todos los actores de la comunidad responsables del abastecimiento de agua potable. Este proceso fue desarrollado tomando como punto de partida las experiencias de los estudios realizados en Nicaragua e incluyendo algunas consideraciones importantes para lograr una participación comunitaria efectiva, como por ejemplo el monitoreo del uso del filtro que sirvió también como retroalimentación de la capacitación del uso del filtro. El proceso desarrollado se puede resumir en los siguientes puntos:

##### **4.3.1 Diagnóstico de la situación**

Se indujo el proceso participativo través del trabajo conjunto con las dos organizaciones de la comunidad involucradas en la solución de los problemas del abastecimiento del agua potable, se identificó como tales a la Junta de Agua (JA) del barrio El Ocotal y a la Unidad Municipal Ambiental (UMA).

Ambas organizaciones fueron de importancia para el desarrollo exitoso del proyecto, la UMA como representante a nivel municipal fue de gran ayuda en el establecimiento de vínculos con la Junta de Agua y probablemente será la encargada de promover el uso de esta tecnología de purificación de agua en las comunidades donde trabaja.

La Junta de Agua del barrio El Ocotal fue imprescindible como colaboradores directos en cada una de las actividades de campo, de esta manera se facilitó el trabajo de acceso a cada familia y el proceso de vinculación con los usuarios fue más sencillo y rápido de lo que hubiera sido sin su valiosa colaboración y sus aportaciones.

#### 4.3.2. Motivación e información a nivel comunitario

Las personas que reciben agua del sistema del barrio están en 117 hogares de los cuales todos fueron invitados a conocer el filtro y discutir sus problemas de abastecimiento de agua en dos reuniones, una para cada mitad de los hogares del barrio, a la cual asistieron 42 personas en total para las dos reuniones. La mayoría llegaron porque estaban interesados en conocer el filtro y otros para discutir otros problemas del abastecimiento de agua. El filtro fue vendido al costo de adquisición de la fábrica de Managua, Nicaragua, el equivalente de siete dólares. A petición de las personas del barrio se acordó en la reunión que se podían hacer tres pagos iguales.

También los habitantes del barrio fueron visitados en varias ocasiones para tomar muestras de agua de sus llaves o filtros y para preguntarles acerca de sus apreciaciones generales sobre el filtro. Por otra parte, cabe mencionar que la junta de agua del barrio tiene un sistema de colaboración con todos los habitantes del barrio para la protección de su recurso

agua, para la discusión y para la solución de sus problemas de abastecimiento de agua potable.

#### 4.3.3 Contabilización del tiempo invertido

El tiempo invertido solo por las personas encargadas del cuidado del filtro que son exclusivamente las mujeres se puede contabilizar tomando en cuenta el promedio de tiempo que se toma el rellenado del filtro se observa en el cuadro 12.

Cuadro 12. Participación de las mujeres en el proyecto en tiempo de rellenado del filtro.

Nº DE MUJERES	PROMEDIOS		TIEMPO (hrs.)	
	Tiempo de rellenado en minutos	veces que rellena / día	en horas	durante el proyecto
22	3.9	2.045	2.92	122,64

El tiempo invertido por las señoras en el lavado del filtro se puede contabilizar tomando en cuenta que aproximadamente se tardan 5 minutos en lavar cada parte del filtro, se observa el cálculo de su participación en el cuadro 13.

Cuadro 13. Tiempo invertido por las señoras en el lavado del filtro en cada intervalo de lavado.

INTERVALO DE LAVADO	LAVADAS POR INTERVALO	No. PERSONAS	TOTAL DE	
			LAVADAS	TIEMPO (hrs.)
3 veces/semana	18	4	72	18
2 veces/semana	12	5	60	15
1 vez/semana	6	4	24	6
Cada 2 semanas	3	1	3	0.75
Todos los días	42	1	42	10.5
<b>TOTALES</b>	<b>81</b>	<b>15</b>	<b>201</b>	<b>50.25</b>

De los dos cuadros anteriores se tiene un tiempo total de participación de las señoras de 172.89 horas en total para lavado y rellenado de los 22 filtros. La participación de las organizaciones se puede resumir en 3 etapas básicas, desglosadas en sus respectivas actividades en el cuadro 14, tiempo y costos de cada organización colaboradora.

Cuadro 14. Contabilización de la inversión de tiempo de cada organización involucrada en el proyecto

ETAPAS Y ACTIVIDADES	PARTICIPANTES	PROMOTOR		JUNTA DE AGUA		UMA	
		T (hrs)	C (L)	T (hrs)	C (L)	T (hrs)	C (L)
<b>PLANIFICACIÓN</b>							
Planteamiento del proyecto	Promotor	24	1596				
Identificación colaboradores comunales	Promotor, UMA	4	266			1	9,37
Coordinación con colaboradores comunales	Promotor, UMA, JA	4	266			2	18,74
<b>EJECUCIÓN</b>							
Coordinación del muestreo con dueños de cada casa	Promotor, TJA, SJA	3	199,5	6	56,22		
Toma de muestras de agua	Promotor, TJA, SJA	14	931	22	206,14		
Análisis de laboratorio	Promotor	4	266				
Preparación capacitación	Promotor	8	532				
Invitación domiciliaria a reunión	JA (4 miembros)			12	112,44		
Gestiones de compra de filtros	Promotor, TJA	17	1130,5	15	140,55		
Reunión de capacitación	Promotor, JA	3	199,5	12	112,44	3	28,11
Ventas de filtros	TJA			8	74,96		
Diseño de encuestas	Promotor	16	1064				
Aplicación de encuestas	Promotor, SJA	50	3325	30	281,1		
Tabulación de la información	Promotor	16	1064				
Análisis de datos	Promotor	15	997,5				
<b>CULMINACIÓN</b>							
Preparación del informe	Promotor	55	3657,5				
<b>TOTALES</b>		<b>233</b>	<b>15494,5</b>	<b>105</b>	<b>983,85</b>	<b>6</b>	<b>56,22</b>

Nota: JA es la Junta de Agua del barrio El Ocotal. TJA es el tesorero de dicha junta. SJA es el secretario de la misma. UMA coordinador de la Unidad Municipal Ambiental y promotor es el representante de Zamorano de la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente.

Del cuadro 14 se debe notar la importancia de las organizaciones locales en el desarrollo de un proyecto que está dirigido a cada unidad familiar de una comunidad, porque son las que ayudan a realizar aquellas actividades que son de contacto directo con las personas, en donde se necesita conocer las costumbres e ideologías para establecer un proceso de comunicación y participación eficiente para todos los participantes.

La participación de la junta de agua del barrio en actividades de campo fue del 100%, es decir colaboraron en todas ellas. Se involucraron en actividades desconocidas para ellos que les llevaron a conocer mejor las causas de los problemas de contaminación y a interesarse por solucionarlos.

Las personas que adquirieron el filtro sintieron que además de ayudar a su familia contribuían a la solución de los problemas comunitarios de abastecimiento de agua potable, ya que durante las reuniones con la comunidad se discutió sobre algunos de éstos y se mencionó que los fondos de la compra de los filtros podrían servir para solucionados, lo cual motivó a muchos de los usuarios a adquirir el filtro con la certeza de que era una forma de contribuir con la comunidad.

#### **4.4 ACEPTACIÓN DEL FILTRO DE CERÁMICA**

##### 4.4.1 Adquisición y cuidado del filtro

La opinión sobre el precio tomando en cuenta el servicio que les presta el filtro es para un 68% de las familias un precio justo, y tomando en cuenta su capacidad de pago un 72% menciono que necesitaron ahorrar un poco para cubrir el costo del filtro. Un 68% lo compraron al crédito y un 87% de éstos piensan que el crédito les ayudó a obtener el filtro.

En un 59% de los casos el padre decidió comprar el filtro, solo un en el 18% de los casos la madre decidió comprarlo y en un 22% el padre y la madre tomaron juntos la decisión.

La persona que cuida el filtro no es la misma que fue a la capacitación sobre su uso en un 90% de los casos, ya que la mayoría de asistentes a la reunión fueron los padres y no las madres.

La persona responsable de cuidar el filtro en la mayoría de los hogares (90%) es la madre. La edad de ellas es en un 50% de 31-50 años, 31 % de ellas son de 10-30 años y 18% son de 51-70 años. Un 77% de ellas conoce los cuidados del filtro y un 22.7% solo algunos de los cuidados, los cuales en la mayoría de los casos han aprendido por el instructivo que trae el filtro (52.4%) un 14% aprendió en el monitoreo del uso del filtro y un 9.5% aprendieron en la charla. Un 77% de ellas tienen como principal ocupación el cuidado del hogar.

Es importante destacar que estos resultados expresan el rol de la mujer y los supuestos que se tienen en la teoría de la subordinación de la mujer a ciertos trabajos en el hogar, lo cual debe ser considerado en la planificación adecuada que incluya estos aspectos del género observados en las comunidades rurales. Posiblemente fue mayor la asistencia de los hombres a la reunión porque éstos tienen dentro de su trabajo comunitario la participación en puestos de decisión y las actividades recreativas, no así para la mujer, en cuyo caso el trabajo comunitario es solo la extensión del trabajo reproductivo y la función principal es la de asegurar la provisión y mantenimiento de las fuentes y recursos de consumo masivo como agua, salud y educación. Esto explica porque a pesar de que el padre en la mayoría de los casos es el que decide comprar el filtro, la madre es la encargada de cuidarlo, aún sin haber podido asistir a la reunión de capacitación.

#### **4.4.2 Apreciación de la calidad del agua del filtro**

De acuerdo a las características organolépticas de agua filtrada la aceptación del filtro es muy buena ya que un 100% de los usuarios no sienten ningún olor al agua y calificaron su apariencia como buena, un 50% sintieron sabor dulce y 50% ningún sabor, un 77% sintieron su temperatura fresca e incluso fría en un 22.7% de los casos.

#### **4.4.3 Consumo de agua filtrada**

Además de usar el agua para beber (100% de los casos), el agua es usada en un 63% para preparar alimentos y en un 22% de los casos para alimentar bebés. Las cantidades de agua filtrada consumida por las familias son en un 61.9% de los casos desde 2.1 hasta 8 litros al día, en un 33.3% de los casos van de 8.1-16 litros y 4.8% consumen más de 16 litros por día.

El promedio de consumo de agua del filtro es de 7.33 litros por cada hogar, tomando en cuenta que el consumo de agua filtrada esencialmente para beber podemos ver que en promedio ha aumentado de 5.07 litros por casa antes de usar el filtro.

Un 54% de las familias opinan que ha incrementado su consumo de agua con el uso del filtro, siendo los mayores consumidores de agua filtrada los niños (54.5% de los casos), seguidos por el padre en un 36% de los casos.

#### **4.4.4 Manejo del filtro**

Todas las familias llenan el filtro en la mañana, un 54% en la tarde, solo un 9% llenan al medio día, un 32% llenan en la noche y un 9% rellenan durante todo el día. Un 59% llenan solo dos veces al día el filtro, 22% 1 vez al día, 9% 3 veces y 9% 4 veces por día.

La cantidad de agua que pueden purificar con el filtro va desde 6.1-10 litros por día, en el 27% de los casos, 10.1-16 litros en el 54.5% de los casos y más de 16 litros en el 18% de ellos. La cantidad de agua que en promedio pueden purificar durante el día es de 12.45

litros que es mucha mayor cantidad que lo que podían purificar con sus anteriores métodos de purificación (5 litros).

En cuanto al lavado del filtro se encontró dos variaciones en la frecuencia del lavado, ya que un 68% de las señoras lavan todas las partes del filtro juntas, y un 31 % lavan a diferentes intervalos de tiempo las partes del filtro.

De los que lavan todas las partes juntas un 60% lavan dos o tres veces por semana y 26% una vez por semana y un 6.7% lavan todos los días. De los que lavan a diferentes intervalos de tiempo las partes del filtro un 85% lavan la unidad filtrante una vez por semana, 60% lavan el recipiente de almacenamiento una vez por semana y el resto tres veces por semana y 60% lavan la tapa tres veces por semana.

Un 73% no usan el mismo utensilio para lavar la unidad filtrante y el recipiente. Los utensilios que usan para lavar la unidad filtrante son en la mayoría de los casos (36%) cepillos, un 31.8% no usan nada para lavarlo, un 22% usa el mismo paste de la cocina, en cambio para el lavado del recipiente y la tapa usan en el 7(5% de los casos el mismo paste de la cocina. En cuanto al agua que usan para lavar la unidad filtrante un 45% usan el agua filtrada y un 54% usan agua de la llave.

En la mayoría de los casos (77.3%) son cuidadosos con el filtro y lo han colocado en la cocina de la casa o en la sala (13%), el resto lo colocó en otros lugares de la casa, pero nunca afuera de esta. Además un 72% de las familias lo han colocado en una mesa o en un mueble de la cocina (27% de los casos). Un 100% mantienen tapado el filtro siempre con su tapadera, incluso un 27% lo tapa adicionalmente con una manta para cubrir del polvo.

#### **4.5 VENTAJAS ENCONTRADAS POR LOS USARIOS**

Los usuarios del filtro en el del barrio El Ocotál piensan que el servicio que les presta el filtro es muy bueno en el 81 % de los casos y bueno en el 18% de los casos. El 92% de ellos piensan que el tiempo que invierten en el filtro es menor que en el uso de los otros métodos de purificación.

El tiempo que se dedica a la operación del filtro es poco, considerando todas las actividades del hogar, lo que resulta en un ahorro (36%) ya que la mayoría de los hogares solo tienen una llave de abastecimiento de agua fuera de la casa, así que con el uso del filtro evitan tener que salir cuando necesitan agua para beber, cocinar u otras labores. Un 36% de las amas de casa opinan que le dedican poco tiempo y un 27% piensa que le dedica muy poco tiempo, dentro de las actividades que realizan diariamente para el cuidado del hogar.

Considerando todas las actividades que tienen en el hogar durante el día a un 36% de las señoras que cuidan el filtro opinaron que les ahorra tiempo, esto se debe a que todos los hogares del barrio tienen su única llave de agua fuera de la casa y utilizando el filtro se ahorran el tiempo de ir a traer agua para algunas labores de en la cocina o para beber. En

algunos casos también se debe a que el filtro evitar el uso de otros métodos de purificación que necesitan más tiempo o cuidado. Un 36% de las señoras opinan que le dedican poco tiempo al Cuidado y un 27% piensan que le dedican muy poco tiempo dentro de las actividades que realizan diariamente para el cuidado del hogar.

El resto de las ventajas apreciadas por los usuarios del uso del filtro: 1. La facilidad de almacenar agua.

2. Es una forma segura de almacenar el agua.
3. Fácil manejo y cuidado.
4. Es una forma sana y segura de purificar el agua.
5. Ahorra gastos médicos.
6. Es mejor para alimentar bebés.
7. Da confianza en la pureza del agua.
8. Facilidad para sacar agua a los niños pequeños.

Se resumen en la figura 4 el porcentaje de familias que indicaron cada ventaja.

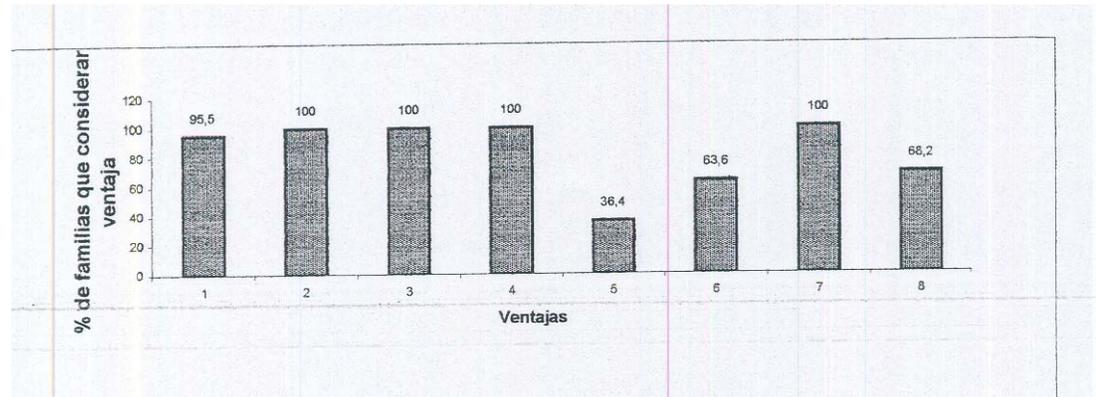


Figura 4. Ventajas identificadas por los usuarios del filtro de cerámica.

La ventaja más apreciada por los usuarios (72% de los casos) fue la confianza en la calidad microbiológica del agua filtrada, así como también lo fueron el sabor y temperatura de la misma (60%).

#### 4.6 DESVENTAJAS ENCONTRADAS POR LOS USUARIOS

El 63% de las familias opinan que las principales desventajas encontradas es el temor a dañar la llave porque parece muy delicada, se puede y no puedan encontrar repuesto. Además un 73% piensan que la unidad filtrante es frágil y puede quebrarse fácilmente. Solamente un 13% de las personas encargadas de cuidar el filtro mencionaron que se les dificultaba lavarlo por el peso de la cerámica y un 4.5% que les había goteado la llave, pero solo al inicio porque estaba mal instalada. Un 13% de las señoras sintieron que era una desventaja que sus hijos pueden sacar fácilmente el agua del filtro.

Ninguna familia sintió que el agua no era suficiente para el consumo de sus miembros, ni que se le dificultara el llenado del filtro

#### **4.7 INTENCIONES DE USO DEL FILTRO PARA EL PRÓXIMO AÑO**

Debido a la buena aceptación en los usuarios que ha tenido el filtro de cerámica se decidió evaluar sus intenciones de uso para el año próximo, en el cual se supone que deben curarlo o comprar otro nuevo si se les ha dañado y quieren seguido usando. La mayoría de ellos 45% contestaron que estaban dispuestos a volver a comprarlo en caso de que se les dañara y un 18% están dispuestos a curarlo si pudieran para ahorrar dinero, mientras que un 9% piensan seguido usando si no se les ha quebrado sin cambiarle nada el próximo año y 27% todavía no saben que harán el próximo año.

Un 18% de ellos están dispuestos a viajar para comprarlo hasta Tegucigalpa, sólo un 13% hasta Sabana grande y un 60% prefiere comprarlo en Guinope o cerca de Guinope un 9%.

## 5. CONCLUSIONES

Conclusiones sobre el tema de manejo de agua y cuencas en el sector rural

El proceso participativo en la solución de los problemas de abastecimiento de agua potable logró involucrar a todos los actores para asegurar la eficiencia de la transferencia tecnológica a los habitantes del barrio El Ocotál, en este aspecto es imprescindible contar con las organizaciones locales como la junta de agua y la UMA.

Un factor determinante para la realización del estudio fue contar con los resultados de tesis que ya habían trabajado abordando con las personas de la comunidad los análisis de la calidad del agua y además se habían ejecutado varios proyectos de protección de los recursos.

La característica que más influyó en la decisión de adquirir el filtro fue el nivel de conciencia sobre la importancia de la purificación del agua para mantener la salud, medido en las variables de prevención de enfermedades y uso previo de métodos de purificación.

Se ha comprobado que las personas que compraron el filtro presentan un marcado interés por la salud y aunque tuvieron que ahorrar para poder adquirirlo realmente aprecian el servicio que les presta y lo cuidan.

El enfoque de género de la comunidad influyó en el desarrollo del proyecto debido a que la participación de las mujeres en las capacitaciones fue muy poca, esto pudo superarse mediante los monitoreos del uso del filtro que se realizaron especialmente consultando a las señoras de la casa.

Debido a los resultados que la Junta de Agua del Barrio el Ocotál había aplicado cloro en el sistema durante la realización del segundo muestreo compuesto y de los muestreos individuales de las cinco casas, no se pudo comprobar la eficiencia del filtro en la descontaminación microbiológica del agua.

Sin embargo estos muestreos indican que el sistema de dorado ha sido eficiente en ésta ocasión, pero se debe tener cuidado ya que los datos de contaminación reportados el año anterior eran niveles de contaminación altos aún con la aplicación de cloro en el sistema de distribución.

El trabajo demuestra que los filtros tuvieron un efecto de eliminación del cloro en el agua, un descenso de la temperatura y un incremento en el pH, los cuales influyen mucho en la aceptación del agua filtrada.

La prueba de tiempo de contacto con la plata coloidal, indica que el valor de la constante de conductibilidad hidráulica "k", ha mejorado diez veces con respecto a los datos que se tenían previamente, pero aún es 100 veces mayor que el valor máximo permisible de "k".

La cantidad de agua potable producida por el filtro de cerámica rellenándolo en intervalos de cinco horas es casi un 60% menor a la producida rellenando cada hora, sin embargo es suficiente para el consumo promedio de los usuarios. Si se rellenara cada hora el filtro produciría agua suficiente para el consumo promedio de los usuarios tanto en beber agua, como en preparar alimentos y lavar vegetales y frutas frescas.

Las personas rellenan el filtro en la mayoría de los casos dos veces por día, pero esto no significa que no lo estén usando bien, es decir a su máxima capacidad sino que adaptan los intervalos de rellenado a sus requerimientos de consumo.

La aceptación de las características organolépticas del agua filtrada se debe principalmente a la reducción de la temperatura, al sabor y a la ausencia de olor que tiene en comparación con los otros métodos de purificación del agua, como clorado y ebullición

La ventaja más apreciada por los usuarios es la confianza en la calidad microbiológica que les proporciona el agua filtrada.

Las únicas desventajas encontradas por los usuarios durante el periodo de prueba de uso fue la fragilidad de la unidad filtrante y de la llave.

La mayoría de los usuarios están dispuestos desde ahora a comprar el filtro si es necesario, o curarlo para ahorrar, pero la mayoría mencionó podrían comprarlo en Guinope.

## **6. RECOMENDACIONES**

### **A LOS USUARIOS DEL FILTRO**

Deben llenar cada una o dos horas el filtro para tener una producción de agua que podrá utilizarse en todas las formas de consumo ya sea para beber, preparar alimentos o lavar frutas y vegetales.

Deben asegurarse de usar agua filtrada durante el lavado de la unidad filtrante para evitar la contaminación de la misma cuando se inicie el filtrado del agua que se consumirá.

### **A LAS INSTITUCIONES PROMOTORAS**

Investigar el efecto del cloro en la plata coloidal para determinar con certeza el tiempo de uso en una comunidad con sistema de clorado como el barrio El Ocotil donde la variabilidad de la eficiencia de éste no permite asegurar el suministro de agua potable durante todo el año.

Debido a los diferentes resultados obtenidos en los muestreos de agua debe asegurarse que las aplicaciones de cloro durante la época de lluvia sean adecuadas al caudal generado por la microcuenca para establecer de esta forma un sistema de clorado más seguro.

También deben hacerse monitoreos del nivel de contaminación del agua y las aplicaciones de cloro durante la época de lluvia para verificar la descontaminación del agua por los filtros.

En las comunidades donde la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente realiza monitoreos de la calidad del agua se deben tomar muestras, filtrarlas y analizarlas para comprobar la eficiencia en descontaminación microbiológica del filtro.

En procesos de transferencia de tecnología es muy importante involucrar a las organizaciones y a los habitantes de la comunidad en todas las actividades posibles para asegurar una comunicación eficiente que beneficiará a todos, tanto a los beneficiarios como a los proyectos promotores.

Las planificaciones de procesos de transferencia de esta tecnología deben hacerse tomando en cuenta el rol de la mujer que aún prevalece en el área rural, el cual impide su plena participación en cierto tipo de actividades. Ambos, hombres y mujeres deben tomarse en

cuenta a la hora de desarrollar la planificación de proyectos de transferencia de esta tecnología.

Debido a la aceptación que ha tenido el filtro, no solo en la comunidad donde se trabajó sino también en otras comunidades cercanas, debe implementarse un programa de capacitación en las aldeas cercanas que aún conservan artesanos alfareros para la fabricación del filtro.

Debe determinarse la presencia del material necesario para la fabricación de éstos filtros en la zona y estudiar el recurso humano presente en la misma.

Debe darse continuidad al proyecto con programas de capacitación sobre el curado del filtro, ya que esto representa una buena alternativa para las personas del barrio El Ocotil que en su mayoría son de bajos recursos económicos.

Esta tecnología es una alternativa viable para personas de escasos recursos que revitalizan actividades de artesanía en el área rural, por lo que deben seguir desarrollándose e investigándose para beneficio de los sectores pobres del p.aís.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

BRAILOVSKY, A. E. 1994. ¿Qué le pasa al agua? 2 ed. Buenos Aires, Argentina. Editorial SIGAMAR S. A.

CERÁMICAS POR LA PAZ. 2000. No tiene agua potable?: Filtrón tu solución. Managua, Nicaragua.

CIMMYT. 1993. La adopción de tecnologías agrícolas. México D.F. 88p. DESA. 2000. Definiciones básicas de calidad de agua. El Zamorano, Honduras. 9p.

HONDURAS. COMITÉ TÉCNICO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA. 1995. Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable.

HONDURAS. SANAA. 1997. Normas de calidad para agua potable.

MAZARIEGOS, F. Sf. Pequeños filtros artesanales (de cerámica) para potabilizar el agua.

MENA, M. 2000a. Estudio sobre el impacto de Filtrón en Ocota!. Managua; Nicaragua.

MENA, M. 2000 b. Estudio sobre el impacto de Filtrón en la Paz Centro. Bo. Pasean. Managua, Nicaragua.

MÜNCH L.; ANGELES E. 2000. Métodos y técnicas de investigación. 2 ed. :México, D.F., México, Editorial Trillas. 163p.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 1993. Guías para la Calidad del Agua Potable. 2 ed. Ginebra, Suiza. 350p.

ORGANIZACIONES PANAMERICANAS DE LA SALUD (OPS). 1998 Participemos para que todos dispongamos de agua limpia.  
<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/días/diainter/anos/1998/particip/particip.html>

POTTER FOR PEACE. 2,000 a. A sustainable ceramic water for household purification. Managua, Nicaragua. 7p.

POTTERS FOR PEACE. 2000 b. Investigación Tulane. Managua ,Nicaragua.

QUAN, N. K. 1995. Análisis del proceso de transferencia de tecnología en tres fincas de ganado de doble propósito en Morocelí, Honduras. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 77 p.

RIVERA, R. 2001. Plata coloidal. Potters For Peace. Correspondencia personal.

RODRÍGUEZ TABLAS, V. V. 1999. Caracterización y evaluación participativa de aspectos biofísicos y socioeconómicos en las micro cuencas El Capiro y El Zapotillo, Guinope, El Paraíso.

ROMERO ROJAS, J. A. 2000. Calidad del agua. México, D.F. Lito Editorial. 270 p.

SABIO, I. J. Evaluación de la calidad, cantidad y fuentes de contaminación del agua de la microcuenca El Ocotal. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.

SILVER, S; LO, J.; GUPTA, A. 1999. Silver cations as an antimicrobial agent: clinical uses and bacterial resistance. <http://www.health.tufts.edu/upuaJhome.html>. 4/03/2001.

TÉLLEZ, J. 1994. Evaluación de una metodología para la transferencia de tecnologías en el sur de Huila. Tibaitata. Colombia. 137 p.

TORREZ, G. E. 1993. Estudio agronómico de la transferencia de tecnología en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en la región centro oriental de Honduras. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 95 p.

VEGA ~Z, J. M. 2000. Evaluación de la calidad, cantidad y fuentes de contaminación del agua de la microcuenca El Zapotillo. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 58 p.