

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



“ELABORACIÓN DE UN FILTRO PARA REDUCIR LA CONTAMINACION FISICO-QUIMICO DEL AGUA EN LAS COMUNIDADES EL BUEN SAMARITANO Y EN EL BARRIO CONCEPCION DE SAN LUIS LA HERRADURA”.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

CAROLINA MORALES LOPEZ
CARLOS ALBERTO SANCHEZ RIVAS
ANGELA DE LA LUZ ZUNIGA FUENTES

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN QUÍMICA Y FARMACIA

Ciudad Universitaria, Marzo de 2002

San Salvador, El Salvador Centroamérica



© 2001, DERECHOS RESERVADOS

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador

SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA

DRA. MARIA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIO GENERAL

Lic. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANO

Lic. MARIA ISABEL RAMOS DE RODAS

SECRETARIO

Lic. ANA ARELY CACERES MAGAÑA

ASESOR

DRA. GLORIA RUTH CALDERÓN

JURADOS

LICDA. CECILIA HAYDEE GALLARDO DE VELASQUEZ

LICDA. MARÍA CONCEPCIÓN ODETTE RAUDA ACEVEDO

LICDA. MARÍA TERESA CASTELLANOS DE ALONZO

AGRADECIMIENTOS

✿ A DIOS TODO PODEROSO:

Por habernos iluminado y fortalecido en todo momento durante el desarrollo de nuestra carrera

✿ A la UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, en especial a la FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA, por habernos forjado como nuevos profesionales.

✿ A NUESTRA ASESORA, DRA GLORIA RUTH CALDERON, por su valiosa colaboración en la asesoría de esta investigación.

✿ A LOS MIEMBROS DEL JURADO EXAMINADOR:

Lic. CECILIA HAYDEE GALLARDO DE VELAZQUEZ, Lic. MARÍA CONCEPCIÓN ODETTE RAUDA, Lic. MARÍA TERESA CASTELLANOS DE ALONZO, por sus observaciones valiosas en mejora del documento final.

- ✿ Al Lic. ARTURO GARCÍA MAZINI, por su desinteresada colaboración en la realización de los análisis Físico-Químico de este trabajo.

- ✿ Al ING. FEDERICO JOSA Y ESPOSA, por su desinteresada colaboración de orientarnos sobre la técnica de elaboración del elemento filtrante.

- ✿ A FELIX BERNAL, un reconocimiento especial por apoyarnos en la digitación del presente trabajo de investigación.

DEDICATORIA

✿ A DIOS TODO PODEROSO: Por darme entendimiento, sabiduría y haber hecho posible este triunfo.

✿ A MIS PADRES:

MANUEL ZÚNIGA y ANA ELVIA FUENTES DE ZÚNIGA, por haber cultivado el espíritu de superación.

✿ A MIS HERMANOS:

CARLOS, RAMÓN, ALFONSO, GLORIA, MELIDA y MANUEL, por brindarme apoyo incondicional.

✿ A GLORIA ARMINDA ZÚNIGA DE GUZMÁN, por brindarme apoyo, confianza y amor en todo momento de mi carrera

✿ A MIS FAMILIARES:

Qué de una u otra manera me dieron su apoyo y me ayudaron a alcanzar este triunfo

✿ A la Lic. ADELINA DE RAMOS

Por su ayuda y comprensión en el largo y sacrificado camino hasta el logro de mi meta.

✿ A TODOS LOS CATEDRATICOS, COMPAÑEROS Y AMIGOS, como un recuerdo de este triunfo

ANGELA ZÚNIGA FUENTES

DEDICATORIA

✿ A DIOS TODO PODEROSO:

Por sus constantes bendiciones y por habernos iluminado en todo momento en el largo y sacrificado camino hasta el logro de mi meta.

✿ A MIS PADRES:

GILBERTO MORALES ORELLANA y ANTONIA LÓPEZ DE MORALES, por su amor, comprensión, sacrificio, apoyo y consejos brindados en el desarrollo de toda mi carrera universitaria, sin lo cual no hubiera podido llegar al final de esta meta.

✿ A MI ESPOSO:

JOSE ROBERTO RIVERA, por su incondicional apoyo, comprensión y amor sincero.

✿ A MIS HIJAS:

CLAUDIA CAROLINA y MARIA CELESTE, con mucho amor por motivar mis deseos de superación.

✿ A MIS HERMANOS:

MARIA, CLAUDIA y OSCAR MORALES, por su confianza y hermandad alentándome en cada momento.

✿ A MIS FAMILIARES:

Por todas sus muestras de afecto y apoyo brindado durante mi carrera.

✿ A MIS PROFESORES, COMPAÑEROS Y DEMÁS AMIGOS:

A mis profesores por haberme transmitido mis conocimientos; a mis compañeros por su apoyo y a mis amigos en especial FELIX BERNAL, por haberme apoyado siempre a seguir adelante.

CAROLINA MORALES LÓPEZ.

INDICE

INTRODUCCIÓN	i
OBJETIVOS	iii
CAPITULO I	
1. FUNDAMENTOS TEORICOS	4
1.1. PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN EL SECTOR RURAL.....	4
1.2. ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA SANITARIAMENTE PURA EN AGUAS RURALES.....	6
1.2.1. PURIFICACIÓN DEL AGUA CON CLORO.....	7
1.2.2. PURIFICACIÓN DEL AGUA CON LEJIA	7
1.2.3. PURIFICACIÓN DEL AGUA CON YODO	8
1.2.4. HISTORIA RESPECTO AL USO DEL FILTRO	8
1.2.4.1. FILTRO DE ARENA	9
1.2.4.2. FILTRO DE MATERIAL ARCILLOSO	9
1.3. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES ARCILLOSOS	11
1.3.1. CAOLIN	18
1.3.2. BENTONITA	19
1.3.3. DIATOMITA	20
1.3.4. ARENA DE SILICE	22
1.3.5. CARBON ACTIVADO	23
1.3.6. BOOLKLEY	25

1.4	GENERALIDADES DEL FILTRO	26
1.5.	PARÁMETROS A ESTUDIAR	28
1.5.1.	pH	28
1.5.2.	DUREZA	29
1.5.3.	ALCALINIDAD	30
1.5.4.	SULFATOS	31
1.5.5.	CLORUROS	32
1.5.6.	HIERRO	33
1.5.7.	MANGANESO	34
1.5.8.	CONDUCTANCIA	35
1.5.9.	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	36

CAPITULO II

2.	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1.	INVESTIGACIÓN DE CAMPO	37
2.2.	DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD SELECCIONADA	37
2.2.1.	LOCALIZACION DE LA COMUNIDAD EL BUEN SAMARITANO	37
2.2.2.	LOCALIZACION DE LA COMUNIDAD BARRIO CONCEPCION	39

CAPITULO III

3.	PARTE EXPERIMENTAL	
3.1	ELABORACIÓN DEL FILTRO	41

3.2. PRUEBAS DE EFICIENCIA QUE SE REALIZAN AL FILTRO PARA VERIFICAR SU EFICIENCIA	42
3.2.1. POROSIDAD Y ABSORCION DE AGUA	42
3.2.2. PRUEBA FRAGILIDAD	43
3.2.3 MEDIDA DE VELOCIDAD DE AGUA FILTRADA	43
3.2.4 INSTRUCCIONES DE USO	44
3.3. ENSAMBLAJE DEL FILTRO	45
3.4. DESCRIPCION DEL SISTEMA FILTRANTE	45
3.5. TOMA DE MUESTRA	46
3.6. PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS	47
CAPITULO IV	
4. RESULTADOS	
4.1. RESULTADOS DE LA ENCUESTA	49
4.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FABRICACIÓN DE LA CANDELA FILTRANTE	57
4.2.1. ENSAYOS REALIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DEL FILTRO ..	60
4.3. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	61
4.3.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	62
4.4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	63

4.4.1	RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA NO FILTRADA	64
4.4.2	RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA FILTRADA	65
CAPITULO V		
5.	CONCLUSIONES	66
CAPITULO VI		
6.	RECOMENDACIONES	68
CAPITULO VII		
7.	RESUMEN DE TRABAJO	70
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

INTRODUCCION

En el Salvador, al igual que en todos los Países subdesarrollados, el deterioro ambiental es grave, y la concentración de los recursos naturales se ve, aún mas afectado con el estado de pobreza, el desarrollo industrial, turístico y comercial; los que no están en armonía con la conservación de los recursos naturales, especialmente el agua y el suelo. Hoy en día el agua es un recurso natural que se encuentra altamente contaminado como producto de la misma actividad del hombre, tal es el caso de los desechos industriales.

En el Salvador un gran porcentaje de la población, particularmente en las zonas rurales o sub-urbanas no tienen acceso al agua potable y el saneamiento del agua para consumo humano.

El abastecimiento del agua potable es un problema para la mayoría de las comunidades ya que no cuentan con el suministro de este vital líquido.

La mayor parte de comunidades que se encuentran en zonas rurales disponen de pozos artesanales que si bien es cierto, estos pozos les facilita la obtención del agua para consumo y uso doméstico, esta no recibe ningún tipo de tratamiento para que sea apta para su consumo.

Siendo el agua de vital importancia para la subsistencia humana, esta debe cumplir con parámetros específicos como son turbidez, color, olor y sabor, así como tambien otros factores Fisicoquímicos y Microbiológicos.

Debido a lo expuesto anteriormente es que se planteó la investigación del agua en las comunidades el Buen Samaritano y el Barrio Concepción de San Luis La Herradura, ubicado en el departamento de La Paz.

Estas comunidades, no cuentan con servicio de agua potable, por lo tanto se abastecen de fuentes naturales (pozos artesanales), los cuales no cumplen con las Normas de calidad de agua potable, ya que contienen sustancias que originan ciertas características Fisicoquímicas que la hacen no aceptable; como: Alcalinidad, Dureza, Sulfatos, Hierro, Manganeseo y Microorganismos Patógenos que cuando están presentes en concentración que no son permitidas pueden ocasionar graves daños de salud a la población, manifestadas por diferentes patologías, como son enfermedades de tipo gastrointestinales, cefaleas etc.

La alternativa de solución es el diseño de un filtro de cerámica, de bajo costo, que tenga las características de remover la contaminación Fisicoquímica y Microbiológica bajo las condiciones especificadas según las Normas Oficiales Salvadoreñas, además de poseer un manejo sencillo, lo cual es muy importante para las personas a quienes está orientado.

I. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Elaboración de un filtro para reducir la contaminación Físico-Química y Microbiológica del agua en las comunidades El Buen Samaritano y El Barrio Concepción de San Luis La Herradura.

2. Objetivos Específicos

- 2.1** Identificar por medio de una encuesta los posibles efectos causados a la salud de los habitantes y relacionarlos con las características que posee el agua.
- 2.2** Identificar las características físico-químicas del agua a través de los análisis de: pH, Temperatura, Dureza, Alcalinidad, Sulfatos, Cloruros, Hierro, Manganeso, en el agua de abastecimiento.
- 2.3** Realizar un análisis microbiológico al agua de abastecimiento.
- 2.4** De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta y en los resultados obtenidos en el análisis microbiológico realizado al agua de consumo, proponer un filtro de cerámica que reduzca la contaminación físico-químico y microbiológico.
- 2.5** Comprobar la eficacia del filtro propuesto, realizándole el análisis físico-químico y microbiológico, al agua previamente filtrada

1. FUNDAMENTOS TEORICOS

1.1 PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN EL SECTOR RURAL

Las causas principales que afectan la cantidad y calidad del agua para consumo humano en el sector rural son:

La creciente deforestación, la contaminación agroindustrial, la disposición de las basuras domésticas y deposición de excretas, ya que existe un desconocimiento entre la población de cómo se produce el agua y que factores intervienen en la disminución de su disponibilidad. ⁽⁵⁾

En el área rural parte de la población utiliza los recursos hídricos superficiales excavando pozos, los cuales suelen encontrarse en muchos casos junto a fosas sépticas o letrinas, de esta manera al filtrarse a través de la tierra se contamina el agua; además si el pozo se deja abierto al aire, este arrastra impurezas incluyendo bacteria y otros microorganismos o huevos de parásitos de las heces que se encuentran al aire libre. Esto se ha podido comprobar en el país, en muchos análisis de muestras de agua realizados a pozos excavados en diferentes zonas rurales del país, habiéndose encontrado en todas ellas contaminación fecal. ⁽¹³⁾

Las aguas superficiales (manantiales, nacimientos de agua, etc.) también pueden contaminarse a través de las aguas lluvias que al correr arrastran todo tipo de impurezas, incluyendo basura, pesticidas o residuos agrícolas.

En el salvador el 39% de los hogares en las zonas rurales, tienen un acceso al agua que cumple los estándares establecidos de cantidad y calidad y entre las fuentes de

abastecimiento tenemos: Chorro domiciliar, pozo domiciliar, cantarera, pozo comunitario, compra de agua, fuente abierta.

El chorro domiciliar: es la fuente de abastecimiento más frecuente y son administrados por Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)

Los pozos domiciliarios representan una de las fuentes de abastecimiento de agua para 31.57% de los hogares rurales, estos pueden ser: de balde, de bomba, manual, de bomba eléctricas.

Chorros públicos o cantareras: son las fuentes de abastecimiento de agua para el 10.8% de los hogares rurales.

Pozos comunitarios: abastecen el 29% de los hogares rurales.

Fuentes abiertas como los ríos, quebradas u ojos de agua, son fuentes de abastecimiento para el 14.9% de los hogares rurales.

Comprar el agua: Es una fuente de aprovisionamiento de este recurso para el 12.61% de los hogares rurales. ⁽¹³⁾

La mayoría de la población no hace nada para mejorar la calidad del agua que consumen.

La aplicación de medidas de tratamiento del agua, como clorarla, hervirla, se consideran que dan mal sabor. Los pozos domiciliarios se mantienen de forma inadecuada, destapadas y expuestas a todo tipo de contaminación. Hay quienes echan directamente cloro o lejía a los pozos, como una forma de tratar el agua, pero su efecto se pierde al estar estos destapados.

Las fuentes abiertas están expuestas a diversas formas de contaminación, al no estar protegidas de animales y emplearse con frecuencia para bañarse y lavar en ellas ropa y utensilios.

La gente que tiene acceso a fuentes abiertas, usa el agua de la casa (pozo o chorro) solo para beber y cocinar. El resto se cubren con agua de la fuente abierta.

Quienes viven cerca de los lechos, de los ríos, abren hoyos en los cauces secos de los mismos durante el verano para obtener el agua que necesitan.

Hay una alta cobertura de letrización y la mayoría de los adultos utilizan las letrinas. Los niños no las usan por temor a caer en el hoyo y por la creencia extendida de que las heces de los menores no contaminan. ⁽¹³⁾

1.2 ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA SANITARIAMENTE PURA EN AGUAS RURALES. ⁽¹²⁾

La razón fundamental para tratar el agua destinada al consumo humano y uso doméstico es asegurar la inactivación o destrucción de los agentes patógenos para el hombre; transmitidos por ésta.

La desinfección del agua es una medida esencial de salud pública y su importancia se ha demostrado tanto en la teoría como en la práctica.

El tratamiento adecuado y la desinfección fiable del agua permitieron reducir considerablemente la incidencia de la tifoidea y el cólera en muchos países, antes de que se descubrieran los antibióticos y las vacunas.

El deficiente control de los abastecimientos de agua potable constituyen uno de los problemas más graves que afectan a la salud de los residentes de los pueblos pequeños, las zonas rurales y las zonas urbanas marginales, y pueden resolverse con inversiones relativamente pequeñas.

En el control de desinfectantes empleados de los abastecimientos de agua en las áreas rurales tenemos:

Purificación del agua con cloro

Purificación del agua con lejía

Purificación del agua con yodo

Filtros

1.2.1 Purificación del agua con cloro.

El cloro mata los microbios dañinos y es de fácil acceso ya que están disponibles en tiendas y farmacias; el procedimiento consiste en lavar bien un envase oscuro y dejarlo secar, luego llenarlo hasta el cuello con agua hervida, que esté tibia y agregar una cucharadita al ras de cloro HTH 70% (Hipoclorito de Calcio, de alta pureza), tapar el envase con un tapón de corcho y agitar por 2 minutos, esperar media hora antes de usarlo para que el agua se purifique.⁽¹²⁾

1.2.2. Purificación del agua con lejía

Agregar una gota de lejía a un litro de agua y agitar por 5 seg. , esperar media hora antes de tomarla.⁽¹²⁾

1.2.3. Purificación del agua con yodo

Es un desinfectante de primera calidad. La tintura de yodo puede emplearse para desinfectar el agua, agregando 2 gotas de tintura al 2% para tratar un litro de agua ⁽¹²⁾

1.2.4. Filtros

Historia respecto al uso de filtros

El primer filtro que se construyó para potabilizar agua fue un filtro lento de arena, en Gran Bretaña, durante el siglo XIX (1829), cuya finalidad era en aquel entonces, la remoción de turbiedad de las aguas que abastecían pueblos y ciudades, operando a velocidades desde 0.95 a 9.5 metros por día. A finales del siglo XIX en Estados Unidos, surgió el filtro rápido, el cual podía operar a una velocidad hasta 30 veces mayor que el filtro lento, necesitándose por ello, espacios mucho menores; el filtro rápido llegó a perfeccionarse a principios del siglo XX.

La diferencia fundamental que existe entre ambos filtros es el volumen de agua filtrada por unidad de superficie filtrante. La alta razón de filtración del filtro rápido es debido al empleo de coagulantes, precipitándose las impurezas contenidas en el agua, necesitándose una menor superficie filtrante, mientras que en el filtro lento el proceso es natural, no se utilizan agentes químicos.

En la actualidad el filtro lento es utilizado en algunas poblaciones del mundo, cuyas instalaciones se realizaron antes de que se descubriera el filtro rápido. Las construcciones de filtros lentos que se llevan a cabo sólo son para ampliar las ya

existentes, aunque en ciudades europeas se utiliza el filtro rápido solo como tratamiento previo y el filtro lento para el tratamiento final, dando excelentes resultados. ⁽¹⁰⁾

Existen dos tipos de filtros para el tratamiento doméstico del agua:

El filtro de arena, de grano bastante grueso.

El filtro de materiales arcillosos

1.2.4.1. Filtro de arena

Este se usa para filtrar el agua contaminada con materia orgánica o con grandes cantidades de minerales como hierro y manganeso.

El filtro no es efectivo para evitar la bacteria del agua, por lo que el agua filtrada siempre debe tratarse con cloro o lejía para poder tomarla.

El filtro de arena es muy fácil de construir y mantener, se puede hacer con materiales disponibles en su localidad. ⁽⁹⁾

1.2.4.2. Filtro de material arcilloso

Dentro de los filtros de material arcilloso tenemos:

- Filtros de cerámica
- Filtros de diatomea

Filtros de cerámica

Hay varios tipos de filtros de cerámica; filtros de presión, filtros de gravedad y las bandas filtrantes y una gran diversidad de materiales de cerámica con poros de

diferentes tamaños. Lo esencial en estos aparatos es la bujía filtrante, mientras que la forma de hacer pasar por el agua a través de ella es solo una cuestión de conveniencia, con los filtros de cerámica deben emplearse únicamente agua limpia, ya que si esta es turbia las bujías se obstruyen rápidamente.

Las bujías filtrantes de grano grueso sirven para eliminar partículas en suspensión, los huevos de helmintos, las cercarias (que es una larva que penetra en la piel de agua infectada por caracoles) y los quistes, en cambio no siempre eliminan por completo los organismos patógenos de menor tamaño, por lo que el agua debe clorarse o desinfectarse por cualquier otro procedimiento después de atravesar un filtro de grano grueso.

Los filtros de porcelana se fabrican con poros de $50\ \mu\text{m}$ o más de radio, hasta $0.3\ \mu\text{m}$. El radio más satisfactorio para la depuración del agua oscilan alrededor de $1.5\ \mu\text{m}$. Estos filtros de porcelana de grano fino retiene todos los microorganismos patógenos que suelen encontrarse en el agua de bebida. Los filtros y sus accesorios deben examinarse cuidadosamente para comprobar que no existen grietas ni fugas que podrían permitir el paso de agua sin filtrar.

Los filtros de porcelana deben limpiarse y hervirse periódicamente, cuando el filtro se ensucie o se obstruya; se frotará bajo un chorro de agua con un cepillo de cerda rígida que no tenga jabón, grasa o aceite y se hervirá después por unos 15-20 minutos.

Otro tipo de bujías es el de tierra de infusorios o de tierra de diatomea. Igual que las de porcelana se fabrican estas bujías, con poros de diversos tamaños; los tipos de grano más fino sirven para eliminar todas las bacterias que existen de ordinario en el agua; con estas bujías debe tenerse el mismo cuidado que con las de porcelana aunque la limpieza debe ser mas frecuente; 4 a 5 días. ⁽⁹⁾

Filtros de Diatomea

Este tipo de filtro fue desarrollado con el objeto de eliminar los quistes de amebas de la disentería y las cercarías de la esquistosomiasis.

Este es un tipo especial de bujía kieseguhr, llamado filtro “katadyn” cuya superficie esta recubierta de un catalizador de plata, de tal modo que sin reducir la porosidad, las bacterias que entran en contacto con la superficie mueren por acción oligodinámicas.

Las bujías filtrantes pueden mantenerse en un filtro de gravedad que consiste en dos depósitos de los cuales el superior lleva acoplado una o varias bujías.

El agua que se vierte en el recipiente superior se filtra por las bujías y se almacena por el consumo en el recipiente inferior. Los filtros de diatomea no pueden ser usados para aguas de alta turbidez. ⁽¹⁰⁾

1.3. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES ARCILLOSOS ⁽⁷⁾

Al seleccionar un material para uso en cerámica se deben considerar las siguientes propiedades: pérdida y resistencia dieléctrica, resistividad a la temperatura ambiente y a temperaturas altas, resistencia mecánica, características de dilatación térmica y

capacidad para moldearse y recibir variadas formas con tolerancias dimensionalmente estrechas.

La arcilla es uno de los principales componentes utilizados en los productos cerámicos, para la elaboración de los productos el contenido de arcilla varía entre 25 y 100%.

Arcilla es un mineral terroso y pétreo que se comprende esencialmente de silicato de aluminio, hidratos, plástico cuando esta suficientemente pulverizado y humedecido, rígido cuando esta seco y hasta cuando se calcina a temperaturas suficientemente elevada.

Todas las arcillas empleadas para hacer productos reciben un tratamiento y es común mezclar dos o más arcillas para conseguir las propiedades deseadas.

Los cuerpos cerámicos, de los cuales es un ingrediente esencialmente de arcilla, se mezclan con suficiente agua para permitirles adquirir con precisión una forma utilizable. Si se añade suficiente agua, la mezcla resultante es fluida y puede vertirse en moldes de yeso. Después que se ha formado el cuerpo hay que eliminar el agua añadida del mismo. En la operación de secado el cuerpo se contrae en todas sus dimensiones proporcionalmente a la cantidad de agua añadida por una arcilla a una mezcla de ingredientes dada. Cuando las piezas así formadas están secas, son frágiles, bastante débiles, por lo general algo porosas, se ponen en un horno y se someten a temperaturas elevadas. El calor provoca una reacción química, al mismo

tiempo que hay un comienzo de fusión, que da como resultado la formación de líquidos a temperaturas elevada, las cuales al unirse toman la estructura de vidrios. Forman algunos componentes nuevos, con bastante cocción se contrae los artículos aun más en todas sus dimensiones. El producto enfriado es duro, resistente más o menos no poroso, en muchos casos han cambiado de color. Con este breve esquema de los procesos de elaboración, se comprenderá mejor las propiedades de las arcillas.

Plasticidad, que es la propiedad más notable de la arcilla, permite formar fácilmente los productos. Las arcillas tienen una plasticidad muy variable, se han expuesto numerosas tareas para explicar el mecanismo de plasticidad de las arcillas.

Bingham ha definido la plasticidad como una propiedad de los sólidos en virtud de la cual conservan su forma permanente bajo la acción de pequeños esfuerzos algo mayores.

Permelce, Ríos, Wilson y Grim proponen que las arcillas se comprenden de partículas en forma de hojuelas, que están incluidas en envolturas de agua, cuando la arcilla está en estado plástico, y que la calidad plástica de las arcillas en grado muy considerable es debido a los caracteres de las envolturas de agua. Estos caracteres son granos y la densidad de envoltura y la orientación de las moléculas de agua. En la plasticidad incluye, por una parte, la fuerza aglutinante entre las partículas que tiene que mantener unidas toda la masa, y por otra la partícula de

agua que es para las hojuelas y que debilitan la fuerza actuando entre ellas como un lubricante.

Grim y Cuthbert dicen que la rigidez del agua retirada sobre superficies de los minerales arcillosos es un factor determinante en la acción aglutinante y plasticidad de las arcillas cada tipo de mineral arcilloso parece tener una capacidad característica para estabilizar el agua, y el cambio de iones influye en este fenómeno. Efectos de los electrolitos, los electrolitos ejercen profunda acción en la propiedad del sistema arcilla – agua.

La desfloculación va acompañada por una reducción importante en la viscosidad de la suspensión, lo cual se utiliza en la preparación de las pastas semi-líquidas, usadas por los alfareros en la fabricación de piezas moldeadas, así se obtiene la viscosidad mínima (máxima fluidez) con el mínimo de agua y aumenta el rendimiento del proceso.

El mecanismo de la coagulación, a la neutralización de cargas en las partículas de arcilla desempeña un papel importante, les permite juntarse ó aglomerarse.

Los álcalis aumentan la plasticidad o por lo menos aumentan la movilidad de la arcilla, para una rigidez dada del cuerpo, se necesita menos agua y menor fuerza al conformar los artículos en el estado plástico que cuando no se emplea ningún electrolito.

En el estudio que antecede de un efecto de los electrolitos sobre las arcillas se ha mencionado la adición de álcalis a los cuerpos plásticos. Los álcalis usados son

componentes de sodio, especialmente el carbonato tratando así la arcilla, el sodio reemplaza en mayor o menor grado algún otro ión positivo unido a la arcilla o incluido en ella.

Las arcillas de grano fino se caracterizan por un contenido elevado de agua de plasticidad. Estas arcillas suelen ser muy plásticas y poseen gran resistencia en seco, pero tienden a reducir mucho sus dimensiones a deformarse ó agrietarse.

Para determinar el agua de plasticidad, se secan las arcillas a 110°C, con lo que se elimina la mayor parte del agua sobre la superficie de arcilla. Esto es lo que se llama agua higroscópica o micelar que no se desprenden hasta que se alcanzan una temperatura próxima a 200°C las arcillas secas son higroscópicas y absorben de 5 a 25 % de agua en atmósfera húmeda.

La resistencia en arcillas secas, y en las cocidas se determina con la tracción, flexión y la compresión: En la práctica se utiliza para probarse la compresión.

La resistencia de arcilla va a depender de la porosidad y absorción: Estas propiedades son muy importantes en los artículos cerámicos

La porosidad es la absorción que expresa el espacio ocupado por los poros que pueden llenarse de agua y se expresa en peso.

Ambas propiedades dependen de la calidad de la arcilla y del tratamiento técnico que ha recibido.

Al comienzo de la cocción pueden considerarse los poros como caudales que se intercomunican y tienen acceso a la superficie de la arcilla. Según aumenta la

cocción, se encoge la arcilla y los canales se cierran progresivamente, los poros cerrados aumentan en número y tapa los poros abiertos como los cerrados disminuyen de tamaño a medida que sube la temperatura hasta que esta empieza a ser excesiva. Al llegar a este punto la reacción en el interior de la arcilla se han generado gases que buscan salida y crean un número de sistema de poros. Este es el fenómeno de la hinchazón; esto es: una dilatación general de la arcilla y la producción en una estructura vesicular, tal estado no es conveniente en ningún producto de arcilla.

Por debajo del punto de la absorción se considera el mínimo de espacio de poros. No todas las arcillas se hinchan. Las variables más puras se forman y se funden sin que se produzca gases. ⁽⁷⁾

- *Cocción de las Arcillas.*

Períodos de la Cocción:

- Deshidratación
 - a. Evaporación a 20-150°C
 - b. Deshidratación química a 150-600°C
- Oxidación a 350- 950°C
- Vitrificación a 900°C ó más seguido para la fusión
- Enfriamiento



© 2001, DERECHOS RESERVADOS

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador

SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

- *La deshidratación* ⁽⁷⁾

Incluye la eliminación del agua retenida mecánicamente y no se elimina durante la operación del secado, el agua higroscópica, absorbida del aire, el agua mineral y el agua de cristalización, retenida en la red se cristaliza. A la presión normal casi todos los minerales Arcillosos ceden esta agua alrededor de los 450°C.

El máximo desprendimiento se verifica a los 500°C y siguen determinándose vestigios de agua a 800°C. La expulsión del agua es función de la temperatura, el tiempo y la presión.

- *Oxidación* ⁽⁷⁾

Empieza aproximadamente a 350°C en la materia Orgánica, formadoras de carbón y la descomposición de los sulfatos, etc.

El bisulfuro de hierro forma sulfato ferroso, entre 350-500°C y es oxidado y convertido en sulfato férrico entre 500 - 800°C en presencia de oxígeno el sulfato ferroso se oxida y se convierte oxido férrico entre 560 y 565°C.

Los componentes de carbono tienen mas afinidad por él oxígeno que los de azufre y tienen que eliminarse antes que estos. Esencialmente los componentes de hierro son completamente oxidados, por que a temperatura elevada se forman silicatos forzosos debajo del punto de fusión que puede estropear el producto.

- *Vitrificación* ⁽⁷⁾.

El período de vitrificación se divide en tres fases:

1. Vitrificación incipiente, en que sólo se forma suficiente vidrio para aglutinar los granos.
2. Vitrificación completa en que estos espacios intermedios se llenan con el material fundido pero la masa conserva su forma.
3. Fusión del cuerpo se ablanda hasta el punto de que no sostiene su propio peso. Los productos cerámicos se hornean para producirse en ellos propiedades físicas adecuadas para los diferentes usos a que se destinan.

De acuerdo a las características antes mencionadas se eligieron los siguientes tipos de materiales para ser utilizados en la etapa experimental. Estos son: Caolín, Bentonita, Diatomita, Silicato de Sodio, Carbón Activado, Boolkley, Arena de Sílice.

1.3.1. *Caolín.* ⁽⁷⁾

Es una arcilla blanca conocida también como silicato de aluminio hidratado natural, pulverizado y libre de partículas arenosas.

El caolín está ampliamente distribuido en la naturaleza. Ha sido encontrado en minas del Estado de Georgia, EE.UU.; Inglaterra tiene grandes depósitos de caolín fino. El caolín de estos depósitos se libera de las partículas más gruesas por elución o por tamizado. Sus propiedades químicas son absorbentes y adsorbentes, es empleado como un medio filtrante.

Los estudios con rayos X han mostrado que los minerales de caolín tienen red cristalina de dos capas; esto es: una lámina de sílice tetraédrica y una lámina – gibbsita.

1.3.2. *Bentonita* ⁽⁷⁾

Conocida comúnmente como tierra de batán, es un absorbente natural. Es un silicato alumínico magnético hidratado cuyo análisis típico es:

Si O₂, 55%; AL₂ O₃, 14%; MgO, 7%; Fe₂ O₃, 4%; CaO, 3%; álcalis, 2% materia volátil, 15%.

Es químicamente neutra su densidad aparente varía entre 28 y 34 libras/pie³ (449 y 545g/litro) según el tamaño de la malla del tamiz y la procedencia del mineral. La tierra de batán, arcilla de origen sedimentario se halla en muchas partes del mundo. Los principales yacimientos industriales se encuentran en Inglaterra, Francia, Alemania y Los Estados Unidos.

Georgia, Florida, Texas, son los principales estados productores. Se han explotado también yacimientos industriales en California, Colorado. Las tierras de mejor calidad proceden de Georgia y Florida.

La bentonita es insoluble en agua pero se hincha al alcanzar unas 12 veces su volumen por su gran poder de absorción.

La bentonita, muestra la propiedad llamada tixotropía. En presencia de pequeñas cantidades adecuadas del electrolito, los geles se convierten en soles por agitación,

con ondas ultrasónicas o por otros medios que causan esfuerzos mecánicos internos. Requiere la presencia de la cantidad correcta de electrolito, pues si la concentración es demasiado grande, el sol es precipitado en una forma tal que no se dispersa por agitación.

La Bentonita que normalmente forman gel con bastante lentitud, sufren la gelación más rápidamente si se hace rodar o se golpea suavemente el recipiente que los contiene. A este fenómeno se ha dado el nombre de reopexia.

1.3.3. *Diatomita* ⁽⁷⁾

Es llamada también tierra de diatomáceas, sílice de diatomáceas, Kieselguhr; esta es una variedad hidratada y opalina de sílice que incorrectamente habrá sido llamada tierra de infusorios hasta que se reconoció su verdadera relación con las diatomáceas. Está compuesto de caparazones silíceos de algas acuáticas microscópicas unicelulares llamadas diatomáceas; de la clase bacillarieae. Cuando muere la planta se va al fondo del agua, donde se descompone la materia orgánica que lleva dentro y deja las valvas silíceas. Los yacimientos de diatomita son depositados de estas valvas de diatomáceas.

Hace muchos años que se usa la diatomita como absorbente; se usó por primera vez en Alemania, donde tomó el nombre de Kieselguhr.

La diatomita en estado relativamente puro es una sustancia blanca, quebradiza parecida a la creta, de poca densidad aparente.

Las propiedades de la diatomita son las siguientes:

P.f. 1400 a 1650° C; densidad 1.9 – 2.35; densidad aparente de los terrones secos 320g/dm³; del polvo seco 80g/ dm³ dureza (Mohs) 1 – 1.5 (aparente), 4.5 – 6.5 (partículas reales).

La diatomita absorbe entre 1 y 4 veces su peso de agua, es atacada por álcalis fuertes y por el ácido fluorhídrico, pero no por otros ácidos.

Es amorfa y la difracción de rayos X indica que es isotrópica; da raya blanca; superficie mate o terrosa. La diatomita es esencialmente sílice (SO₂. x H₂O) y su agua en combinación química varía entre 2 y 10% sus impurezas son otros fósiles acuáticos (residuos de esponjas, radiolarios, silicoflagelados), arena, arcilla, ceniza volcánica, carbonatos cálcicos y magnésicos, sales solubles y materia orgánica.

Las diatomáceas abundan mucho en el mundo, pues crecen dondequiera que son favorables la luz, la humedad y el alimento. Las que forman los yacimientos comerciales crecieron en aguas saladas, salobres o dulces. Hay diatomáceas de muy variados aspectos. Los grandes yacimientos datan de la era terciaria, período mioceno superior. Los yacimientos pequeños, pero que a menudo tienen importancia comercial, son de origen reciente. Algunos se hallan en proceso de formación. La era terciaria fue ideal para el desarrollo rápido de las diatomáceas, probablemente a causa de la intensa actividad volcánica en el período mioceno, que suministró gran cantidad de ceniza volcánica y sílice

Los yacimientos de diatomita se hallan en todas las partes del mundo, pero el mayor volumen de la producción mundial se origina en el oeste de los Estados Unidos. Hay vastos yacimientos en California, Oregon, Washington y Nevada. Los mayores y más intensamente explotados están cerca de Lompoc, Santa Bárbara, California, donde los yacimientos estratificados tienen más de 300 metro de espesor. Se practica la explotación selectiva, porque algunos yacimientos son más apropiados para determinados productos. Dichos yacimientos son de origen marino.

Hay importantes yacimientos marinos en Lomas de Palos Verdes, cerca de El Toro, en las proximidades de Bradley y cerca de Monterrey, y los demás se explotan de manera intermitente.

1.3.4 *Arena de Sílice* ⁽⁷⁾

Después del oxígeno el silicio es el elemento que más abunda en la tierra. No aparece libre en la naturaleza. Forma un óxido inerte, el dióxido de silicio o sílice, abundante en la naturaleza tanto en estado amorfo como cristalino, arena, cuarzo, ópalo, tierras silícicas.

Las tierras silíceas (tierra de diatomáceas, tierra de Fuller, Kieselguhr, Celita) y tierra de infusorios, son los restos silíceos esqueléticos de diatomeas e infusorios. Los depósitos tienen forma de espículas, bastoncitos y estrellas de sílice. Por sus formas estos materiales son excelentes auxiliares de filtros, inertes y no adsorbentes, y por

su moderada dureza se usan como abrasivos suaves. La tierra sílicea purificada figura oficialmente en el NF XV.

Los sílices amorfos sintéticos se fabrican por dos métodos. *Los vapores de sílice* se preparan por condensación de sílice de su fase vapor. *El gel de sílice* se prepara por hidrólisis de orto-silicatos inorgánicos u orgánicos. Estructuralmente ambas formas pueden considerarse polímeros de condensación de los ácidos silícicos. Se venden en varios grados comerciales que difieren en variables como el tamaño de las partículas, grado de hidratación, tipo de superficie (silanol y/o siloxano), porosidad y dureza. Por selección del producto que tiene las propiedades deseadas los sílices amorfos se emplean como adsorbentes de gases, desecantes, portadores, rellenos, espesadores y abrasivos.

El dióxido de silicio coloidal (en su forma de vapor) y el gel de sílice (precipitado) se mencionan oficialmente en el FN XV.

Las propiedades físicas como densidad, dureza, índice de refracción, dependen casi por completo de la disposición del oxígeno.

1.3.5. *Carbón Activado* ⁽⁷⁾

El residuo de la destilación destructiva de diversos materiales orgánicos, tratado para aumentar su poder adsorbente.

Preparación. Con el nombre de Carbo ligni o Carbón de madera se usaba anteriormente un producto preparado quemando la madera fuera del contacto con el

aire, cuyo residuo era carbón prácticamente puro. El carbón obtenido según este proceso tenía una capacidad de absorción variable y con frecuencia carecía totalmente de ella. Posteriormente se encontró que la capacidad de absorción del carbón podía ser aumentado considerablemente tratándolo con varias sustancias como vapor de agua, aire, dióxido de carbono, oxígeno, cloruro de cinc, ácido Sulfúrico o ácido fosfórico, o una combinación de algunas de estas sustancias, a las temperaturas entre 500 y 900°C. este tratamiento se denomina activación y, posiblemente, el agente activante elimina sustancias previamente absorbidas en el carbón y, por lo menos en algunos casos, desmenuza los gránulos de carbón aumentando así el área superficial. Se ha calculado que 1 ml de carbón finamente dividido posee una superficie de 1000 m².

Además de la madera se utilizan muchas otras sustancias como fuente de carbón, que incluyen sacarosa, lactosa, almidón de arroz, pericarpio de cocos, huesos, sangre, diversos desechos industriales, etc. como existen diferentes carbones activados para distintos propósitos, se debe estar seguro de emplear sólo la variedad medicinal para el uso médico.

Descripción. Polvo fino, negro, inodoro e insípido, libre de materia arenosa.

Solubilidad. Insoluble en agua y en todos los solventes conocidos.

Industrialmente se utiliza en grandes cantidades en procesos químicos y farmacéuticos como decolorante y adsorbente.

1.3.6. *Bookley* ⁽⁸⁾

Son bolas de arcillas que puede ser considerada como el constituyente más importante de todos los cuerpos ordinarios de cerámica, excepto bases de china y porcelanas. Las bolas inglesas de arcilla difieren esencialmente de la arcilla china en la mayoría de los aspectos. De hecho el único factor en común de ambos tipos es la Kaolinita mineral.

Distribución: Las bolas de arcilla están situadas más extendidas geográficamente, y se encuentran en considerable cantidad al norte y Sur de Deron . La posición de los depósitos de las bolas de arcilla es cerca de Torrington en el norte de Deron entre las vías de Newton, St. Petrok, Peters Marland y Merton. En Devon del sur en el área cerca Newton Abbot, en Dorset del sur en el área limitada por Poole Harbout, Corfe Caste y Swanage. La fuente de bolas de arcilla Inglesa es por tanto mucho más diversa que las de China; La única similaridad descansa en ser la Kaolinita su principal mineral, originado de una variedad pura de granito.

Mineralogía: En la ausencia en el momento adecuado revelado del espectro de rayos X y la evidencia del microscopio electrónico y basando conclusiones en análisis químicos y análisis racionales derivados, el rango de mineralogía de las bolas de arcilla esta entre 50 - 37% de arcilla, calculado como kaolinita 13 - 48% de quartz y 13 - 28% de soda y potasa.

La cantidad de carbón puede excepcionalmente incrementarse a 1 – 5% lo cual por supuesto implica un porcentaje apreciablemente mayor de materia orgánica es frecuente cerca de 0 – 5% y es mas bajo en algunas arcillas de sílice.

Control de calidad productor: En contraste con arcilla china, la cual recibe un refinamiento considerable en las minas. No puede someterse la arcilla a tratamiento de lavado de sedimentación como con las arcillas de china. Los tamaños de los granos de las bolas de arcilla en general son mas finos que una prolongación poco practica de tiempo de asentamiento del requerido. La Filtración de las bolas de arcilla es también una operación lenta y solo se puede obtener a altas presiones. Sé ha comprobado que el único tratamiento de la arcilla es la fragmentación de los depósitos plásticos; y para algunas cerámicas, se usa el tratamiento de pulverización de bolas secas de arcilla dándoles tamaño por técnicas de flotación de aire; puede practicarse el secado parcial de fragmentos de arcilla para facilitar los procesos mecánicos de manipuleo.

1.4. Generalidades del filtro ⁽¹⁴⁾

Los filtros de cerámica son filtros que trabajan por la fuerza de gravedad, mediante la carga hidrostática.

El medio filtrante debe reunir ciertas características tales como :

- a. no debe obstruirse o cegarse fácilmente

- b. ser químicamente inerte y tener suficiente consistencia física para resistir el proceso
- c. debe retener contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos.

1.5. Parámetros a estudiar

Existen normas de calidad de agua, que establecen los parámetros permitidos de ciertos contaminantes fisicoquímicos contenidos en el agua como son:

pH, temperatura, dureza, alcalinidad, sulfatos, cloruros, hierro, manganeso; y no debe contener microorganismos patógenos.

Dichos parámetros se investigan en el agua antes y después de ser sometidos al filtro propuesto.

En el siguiente cuadro se presentan las normas del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) el cual hizo una adaptación de la “Guía para la Calidad del Agua Potable” de la Organización Mundial de la Salud, (OMS).

Valores Oficiales permitidos de los Parámetros investigados

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE
PH.	--	6.00	8.50
Temperatura	°C	18.00	30.00
Dureza Total	Mg/L	100.00	400.00
Alcalinidad Total	Mg/L	30.00	350.00
Sulfatos	Mg/L	25.00	250.00
Cloruros	Mg/L	25.00	250.00
Hierro Total	Mg/L	0.05	0.30
Manganeso	Mg/L	0.05	0.10
Conductividad	µmho/cm a 25°C	500.00	1,600.00

1.5.1. pH ⁽²⁾

El origen del grado de acidez de las aguas puede ser natural o artificial. Como causa natural, encontramos en primer lugar el ácido carbónico de la atmósfera y, mas fundamentalmente, del que se encuentra en la zona de infiltración de la tierra producido por la respiración de los organismos vivos. En este caso, el pH del agua depende del contenido del ácido carbónico en relación con la mineralización de la misma.

El ácido sulfúrico se encuentra en las aguas como causa natural, cuando éstas atraviesan terrenos de piritas o rocas volcánicas, siendo más rara la presencia de ácido clorhídrico y mucho más aún la del ácido sulfhídrico, ya que éste es inestable al aire.

Los ácidos orgánicos, en los que tenemos los ácidos húmicos, son también frecuentes en las aguas; estos últimos deben su origen fundamentalmente al mantillo de los bosques, el cual es lavado por el agua.

El pH del agua puede variar como consecuencia de vertidos de determinadas industrias. En general, pueden tener acidez mineral las aguas superficiales o las aguas subterráneas.

Un agua con un pH menor que 6.0 será fuertemente agresiva o corrosiva para los metales.

Al aumentar las concentraciones de hidrogeno, aumenta el poder corrosivo sobre el metal acelerándose la descarga de ión hidrógeno, para formar hidrógeno atómico.

Por lo tanto la cloración tiende a disminuir el pH, mientras que cuando se suaviza el agua utilizándose el método de cal y soda en exceso se eleva el nivel de pH a un valor de 10.9.

Es posible determinar una relación directa entre la salud humana y el pH del agua potable, debido a que el pH tiene una estrecha relación con otros aspectos de la calidad del agua.

1.5.2. Dureza ⁽²⁾

La dureza del agua es causada por el calcio y en menor grado por el magnesio, disueltos en ella, bajo la forma de Carbonato de calcio.

La norma de calidad para el consumo humano se encuentra en el orden de 100 - 400 mg/L y las diversas clasificaciones que se derivan de este rango son las siguientes:

- Aguas suaves (0 – 75 mg/L de CaCO_3)
- Aguas moderadamente duras (75 – 150 mg/L de CaCO_3)
- Aguas duras (150 mg/L de CaCO_3)
- Aguas muy duras + 300 mg/L de CaCO_3

Según el pH y la alcalinidad, la dureza superior a 200 mg/L puede dar lugar a incrustaciones.

Y las aguas blandas con una dureza inferior a unos 100 mg/L, tienen una baja capacidad de amortiguación y puede resultar más corrosivas a las tuberías.

Aunque en varios estudios epidemiológicos, ecológicos y analíticos se ha observado que existe una relación inversa entre la dureza del agua potable y las enfermedades cardiovasculares.

La información de que se dispone no es suficiente para llegar a la conclusión de que la relación es de carácter causal. Algunos datos parecen indicar que las aguas muy blandas tienen efectos negativos en el equilibrio mineral, pero no se cuenta con estudios detallados, que permitan realizar una relación. No se propone para dureza un valor guía basado en criterios sanitarios.

No obstante, el grado de dureza del agua puede influir en la aceptación de ésta por el consumidor, debido a sus efectos sobre el sabor y la aparición de incrustaciones.

En algunos casos, los consumidores toleran una dureza de mas de 500 mg/L.

1.5.3. Alcalinidad ⁽²⁾

Alcalinidad total: $(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$

La Alcalinidad del agua, es una medida de su capacidad para neutralizar ácidos.

La alcalinidad de aguas naturales es debida principalmente a sales de ácidos débiles, aunque bases débiles y fuertes también pueden contribuir. Los Bicarbonatos representan la mayor forma de alcalinidad, ya que se forman en considerables cantidades por la acción del Dióxido de Carbono, sobre materiales básicos en el suelo. Otras sales de ácidos débiles, tales como: Boratos, Silicatos y Fosfatos pueden presentarse en cantidades pequeñas. Algunos ácidos orgánicos que son un tanto

resistente a la oxidación biológica, por ejemplo el ácido, forman sales que se agregan a la alcalinidad de aguas naturales. En aguas contaminadas o aeróbicas, sales de ácidos débiles tales como acético e hidrosulfúrico pueden ser producidos y también. En otros casos, Amoniac o Hidróxidos pueden contribuir a la alcalinidad total del agua. Aunque son muchas las sustancias que pueden contribuir a la alcalinidad del agua, la mayor cantidad de alcalinidad de aguas naturales se debe a tres sustancias: Hidróxidos, Carbonatos y Bicarbonatos; los cuales dan valores altos de pH.

La alcalinidad es importante en el control de los procesos de tratamiento de aguas naturales y residuales. En las aguas residuales domésticas la alcalinidad es ligeramente mayor que la fuente de abastecimiento de agua.

La medida de estos parámetros en ambientes acuáticos tiene especial interés porque permite medir el desplazamiento del equilibrio del sistema carbonato H_2CO_3 HCO_3 , debido al cambio en la concentración del CO_2 y H_2 ocasionado por activación bacteriana, fotosíntesis de las algas, transferencia del Bióxido de Carbono del aire a la base líquida y la oxidación de compuestos orgánicos solubles. El valor recomendable para alcalinidad es de 250.0 mg/L de Carbonato de Calcio.

1.5.4. Sulfato ⁽²⁾

Los sulfatos están presentes en forma natural en numerosos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en la industria química. Se descargan en el agua a través de los desechos industriales y de los depósitos atmosféricos; no obstante, las mayores concentraciones se dan, por lo común, en las aguas subterráneas y

proceden de fuentes naturales. En general, los alimentos son la fuente principal de exposición a los sulfatos, aunque en las zonas con niveles altos, la ingesta procedente del agua de bebida puede sobrepasar a la alimentaria.

Los sulfatos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y son relativamente abundantes en las aguas duras, en presencia de materia orgánica, ciertas bacterias pueden reducir el sulfato a sulfuros, produciendo malos olores, para evitar esto las aguas intensamente contaminadas deben conservarse a bajas temperaturas.

El sulfato es uno de los aniones menos tóxicos, sin embargo, en grandes concentraciones se han observado catarsis, deshidratación e irritación gastrointestinal.

El sulfato de magnesio, también denominado Sal de Epson, se ha utilizado como purgante durante muchos años.

No se propone un valor guía basado en criterios sanitarios para el sulfato, no obstante, dado los efectos gastrointestinales resultantes de la ingestión de agua que lo contienen; en concentraciones superiores a 250 mg/L pueden ocasionar daño a la salud; como también puede causar un sabor perceptible y contribuir a la corrosión de los sistemas de distribución.

1.5.5. Cloruros ⁽²⁾

Los cloruros, siempre se encuentran en las aguas naturales, aunque su proporción es muy variable. Proviene de la disolución de rocas sedimentarias, de contaminación, o

en el caso de las aguas subterráneas cercanas a la costa por un descenso de la capa freática que facilita la penetración del agua del mar.

Una proporción relativamente alta afecta los usos industriales, domésticos y agricultura, ya que en el primer caso implica un aumento en la corrosividad del agua y en el segundo afecta su potabilidad.

Los cloruros en concentraciones considerables no son dañinos a los humanos. En concentraciones de 250 mg/L dan un sabor salado al agua. La cual no es del agrado de la mayoría de personas. Las normas recomiendan que los cloruros deben ser limitados a 250 mg/L en suministros para el uso público, aunque ya se han usado fuentes conteniendo hasta 2000 mg/L, para propósitos domésticos sin el desarrollo de efectos adversos.

1.5.6. Hierro ⁽²⁾

El hierro es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre. Se encuentra en las aguas corrientes naturales, en concentraciones que varían de 0.05 - 0.3 mg/L, también puede estar presente en el agua para consumo humano debido a la utilización de coagulantes de hierro (son compuestos químicos que se agregan el agua como por ejemplo el sulfato ferroso o férrico, para neutralizar las cargas de las partículas y así facilitar su aglomeración) o a corrosión de hierro fundido durante el proceso de distribución.

El hierro es un elemento indispensable de la nutrición humana, las necesidades diarias mínimas de este metal dependen de la edad, sexo, el estado fisiológico y la biodisponibilidad del hierro oscilan entre 10-50 mg/diarios.

Como precaución contra la acumulación de un volumen excesivo de hierro en el organismo.

El comité mixto de la organización federal de alimentos y la organización mundial de la salud (FAO/OMS) de expertos en aditivos alimentarios estableció una ingesta diaria tolerable máxima provisional de 0.8 mg/kg. De peso corporal, que se aplica al hierro de todas las fuentes con excepción de los óxidos de hierro usados como colorantes y los suplementos de hierro administrados durante el embarazo y la lactancia o por razones clínicas concretas.

1.5.7. *Manganeso* ⁽²⁾

El manganeso es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre y por lo general se presenta junto con el hierro. Las concentraciones de manganeso disuelto en las aguas subterráneas y superficiales pobres en oxígeno pueden alcanzar varios miligramos por litro.

En presencia de oxígeno, el manganeso forma óxidos insolubles que pueden provocar la aparición de depósitos no deseables y causar problemas de color en los sistemas de distribución. La ingesta diaria de manganeso procedente de los alimentos es de 2-9 mg para adultos.

El manganeso es un oligoelemento indispensable, de que según las estimaciones se necesitan diariamente de 30-50 mg/kg. de peso corporal.

Su tasa de absorción puede variar considerablemente según la ingesta efectiva. La forma química y la presencia de otros metales, como el hierro y cobre en el régimen de alimentación. En los lactantes y animales jóvenes se han detectado tasa de absorción muy altas.

Se ha observado que el manganeso parece ser neurotóxico con los mineros tras una prolongada exposición a polvo que lo contiene.

No hay datos convincentes que indiquen la aparición de efectos tóxicos en los seres humanos debido al consumo de manganeso en el agua de bebida pero solo se dispone de estudios limitados.

La ingesta de manganeso puede llegar a 20 mg/kg. De peso corporal sin efectos perjudiciales aparentes.

Estudios realizados con animales de laboratorio a los que se les administro manganeso en agua presentaron efectos neurotóxicos y otros efectos tóxicos, llegando a establecer un valor guía provisional basado en criterios sanitarios de 0.05 mg/L debería ser suficiente para proteger la salud pública.

1.5.8. Conductancia ⁽²⁾

Es una medida de la capacidad de un agua para transmitir la corriente eléctrica y esta propiedad esta relacionada con la concentración total de sustancias ionizadas

en un agua y con la temperatura a la que se hace la medición. Afectan la conductancia la naturaleza de las distintas sustancias disueltas, sus concentraciones reales y relativas y iónicas de la muestra.

Las mediciones de conductividad proporcionan una idea de las porciones de alícuotas, que se deben tomar para las determinaciones químicas comunes.

1.5.9. Análisis microbiológico ⁽⁴⁾

Coliformes totales fecales

Se incluyen dentro de este grupo todos los organismos aerobios y anaerobios facultativos, gran negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con formación de gas, dentro de 48 horas a 35°C.

El agua se examina para detectar coliformes totales por contaminación fecal, y cuando esta indicación se encuentra presente, se asume que el agua, contiene una amplia gama de microorganismos patógenos.

Es uno de los parámetros que más importancia tienen debido a que indican una de las formas de contaminación más dañina y más común, causante de las enfermedades gastrointestinales y alta proporción de muerte en los países subdesarrollados, principalmente en la población infantil.

El parámetro sirve para determinar la efectividad de los procesos de tratamiento para la purificación del agua, considerándose completo cuando se logra una remoción total de coliformes.

2. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Este trabajo se desarrolló en las siguientes fases:

2.1. Investigación de campo: Consistió en la elaboración y aplicación de una encuesta a los habitantes de las comunidades en estudio para determinar los posibles efectos causados a la salud

Se tomó una muestra de 60 familias de un total de 180 viviendas, tomando en cuenta los siguientes aspectos: ocupación de los habitantes, tipo de fuente de donde obtienen el agua de consumo, las propiedades organolépticas del agua, daños causados a la salud, cantidad de personas que integran cada grupo familiar para conocer la cantidad de agua que consumen diariamente. (ver anexo N° 1)

- **Descripción del lugar seleccionado**
- **Parte experimental:** Consistió en la elaboración de la candela filtrante, toma de muestra del pozo comunal, realización de las pruebas físico-químicas y microbiológicas.

2.2. Descripción de la comunidad seleccionada

2.2.1. Localización de la Comunidad El Buen Samaritano

La comunidad el buen samaritano se encuentra ubicado en el Km 67 de la carretera que conduce a la costa del sol. En el municipio de San Luis La Herradura, Departamento de la Paz, delimitada de la siguiente manera:

Nor Oriente final del Barrio Concepción, al Oriente el Estero de Jaltepeque, al Poniente la Playa San Marcelino, al Sur la Playa de la Costa del Sol. ⁽¹⁸⁾

- *Característica de la zona*

La Costa del Sol es una zona turística que por su naturaleza produce grandes cantidades de basura doméstica desperdicios de la actividad comercial; esta basura se deposita en el mar y este la lleva al estero.

El estero es además alimentado por las aguas del río Camapa procedente de los municipios de El Rosario de Paz y Santiago Nonualco, pasando por la Zona Industrial el Pedregal, en Comalapa.

La vegetación que existe es particularmente en su mayoría manglar, aunque existen otras especies de árboles propios de la zona costera, la temperatura oscila entre 27 – 33°C durante las distintas épocas del año.

El Suelo es principalmente arenoso, de ahí que los cultivos que predominan son: La caña de azúcar, los granos básicos y los frutales, aunque también se practica la ganadería en esta planicie costera. El buen Samaritano se encuentra aproximadamente a unos 2 metros sobre el nivel del mar, a diez metros del estero y a 1 Km de la playa. ⁽¹⁸⁾

- *Condiciones biosociales de la Comunidad El Buen Samaritano*

Esta comunidad se compone principalmente de campesinos aunque no poseen tierras para cultivar, por lo que se dedican a la pesca artesanal, en el estero o en el mar; la falta de oportunidades de empleo y los escasos recursos con que cuenta la comunidad, ha obligado a un porcentaje de sus habitantes a emigrar en busca de trabajos que le proporcionen mejores ingresos, principalmente en la industria de la construcción o trabajos domésticos; otro porcentaje de la población se conforma con desarrollar algún subempleo; como es: cuidar ranchos, la venta de bebida y mariscos en la playa o ganar un jornal diario incluso en la agricultura.

La difícil situación económica y social en que viven estas comunidades les ha obligado a organizarse en una asociación de desarrollo la cual ha logrado financiamiento para la construcción de letrinas aboneras.

Esta comunidad carece de una escuela, un centro de salud y agua potable, obteniendo el agua para su consumo de pozos artesanales excavados en la arena a menos de dos metros de profundidad. ⁽¹⁷⁾

2.2.2 Localización de la Comunidad Barrio Concepción

El Barrio Concepción del Municipio de la Herradura se encuentra al Sur Poniente de La Herradura del Departamento de La Paz, al Sur Oriente Limita con El Estero de Jaltepeque y al Occidente limita con la Comunidad El Buen Samaritano.

- *Características de la zona* ⁽¹⁸⁾

El Municipio de La Herradura se encuentra aproximadamente a 2 metros sobre el nivel del mar, posee una temperatura promedio de entre 27 – 33°C, con abundante brisa marina y vegetación, las tierras son principalmente arenosas aunque abunda la materia orgánica por la existencia del manglar y la ganadería. El territorio se encuentra altamente deforestado y densamente poblado.

- *Condiciones Biosociales:*

La mayoría de la población de este municipio, trabajan como jornaleros en las haciendas o en las cooperativas: cuidando ganado, en los cultivos de granos básicos y principalmente en el cultivo de caña de azúcar, aunque la principal actividad económica es la pesca en el estero y en el mar.

La mayoría de casas son de construcción mixta, cuentan con luz eléctrica pero no con agua potable, las personas tienen pozos con bomba de mecate para abastecerse de agua para el uso doméstico: los cuales se encuentran ubicados aproximadamente a 6 metros de las letrinas, la mayoría de niños hacen sus necesidades al aire libre, conviven con animales domésticos como: aves, gatos, perros y cerdos, de ahí que se presentan en la población con gran frecuencia las siguientes enfermedades:

Parasitismo, diarreas entéricas o gastrointestinales, salmonelosis, gastritis y dolores de cabeza ⁽¹⁷⁾

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1 Elaboración del Filtro

Preparación de medios filtrantes

En esta sección se describirá la forma en que se elaboró el elemento filtrante, desde los pasos iniciales de preparación de la masa de arcillas hasta la etapa final de la operación que es la obtención del filtro.

Los materiales utilizados: Caolín, Bentonita, Diatomita, Silicato de Sodio, Bookley, Carbón activado, estos materiales, todos son patentados por lo que se han obtenido del mercado nacional.

Se pesaron los polvos y se midieron los líquidos en cantidades previamente calculados, luego se mezclaron los polvos adecuadamente, se agregó la mezcla de los polvos sobre el bookley con agitación eléctrica por 2 minutos a velocidad 1 cada vez que se agregaba polvo; cuando la suspensión está semisólida se agregó el agua disponible y se continuó agregando mezcla de polvos, cuando la suspensión de nuevo se volvió semisólida fue necesario agregar 1 ml de silicato de Sodio, para conseguir agregar toda la mezcla de polvos y obtener una densidad de 1.7 – 1.8. ⁽¹⁹⁾

Esta suspensión obtenida se vació sobre un molde de yeso dejando en reposo por 2 – 3 minutos para que se formaran las paredes con un espesor de ± 3 mm. Se retiró el residuo de mezcla dejando secar las paredes por 25 minutos dentro del molde, luego se separó la candela del molde y se dejó secar por 72 horas al aire libre. ⁽¹⁹⁾

Se continúa el secado en un horno eléctrico aumentando la temperatura gradualmente, comenzando de 100°C hasta 1005°C, luego se deja enfriar por 8 horas y se sacan las candelas del horno. ⁽¹⁹⁾

Se realizaron las siguientes pruebas de eficiencia:

Porosidad, absorción de agua, prueba de fragilidad, medida de velocidad de agua filtrada.

Además se tomaron dimensiones: Diámetro, altura y espesor.

El filtro arcilloso presenta la siguiente composición:

Diatomita 13 % ----- 71.5 g

Caolín 10 % ----- 55.0 g

Arena sílice 2% ---- 11.0 g

Bentonita 2 % ----- 11.0 g

Silicatos ----- 0.5 ml

Bookley ----- 402.0 g

3.2 Pruebas de eficiencia que se le realizan al filtro para verificar su funcionamiento

3.2.1 Porosidad y absorción de agua ⁽⁷⁾

Los términos porosidad y absorción de agua no son idénticos, aunque sí parecidos.

La porosidad es una relación de volumen y la absorción de agua es una relación de peso.

Esta última es el peso expresado en porcentaje del peso en seco que es atraído y retenido cuando se ejecuta determinado tratamiento.

$$\% \text{ de absorción de agua} = 100 (p - s)/s$$

p = peso de la pieza después de la absorción.

s = Peso en seco.

$$\% \text{ de porosidad} = 100 [(p-s)/s]d$$

d = densidad aparente de la pieza.

La absorción de agua se puede determinar mediante el siguiente tratamiento: la inmersión total en agua; el elemento filtrante por 24 horas se pesa la pieza después de la absorción.

3.2.2. Prueba de fragilidad ⁽⁷⁾

Es muy importante tomar en cuenta la temperatura en que se quema el elemento filtrante, ya que a una temperatura menor de 600-900°C el elemento filtrante es muy frágil. La temperatura para un elemento filtrante anda entre 900-1005°C para obtener una adecuada fragilidad.

3.2.3. Medida de velocidad de agua filtrada ⁽⁷⁾

Se deja pasar el agua a través del elemento filtrante por 24 horas, luego se mide la cantidad de agua recolectada y se expresa en litros/día.

Descripción del sistema filtrante.

El sistema de filtración comprende las siguientes partes:

Depósito de alimentación:

Recipiente superior filtrador de plástico con una capacidad de un galón. Con tapadera hermética en la cual van insertados los dos elementos filtrantes con la finalidad que estos sean alimentados por gravedad.

Depósito inferior de captación:

Recipiente de plástico con una capacidad de un galón provisto de una válvula para la dispensación del agua.

3.2.4. Instrucciones de uso ⁽¹⁰⁾

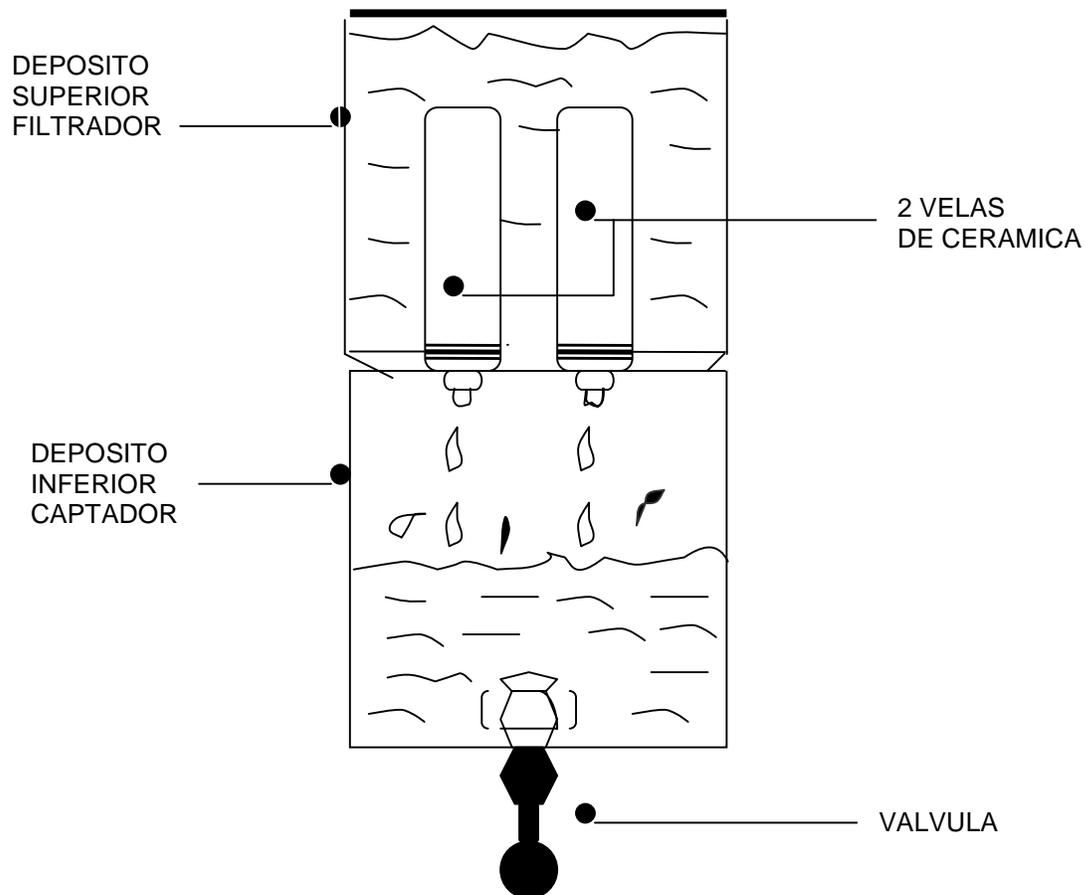
- Asegurarse de ajustar bien las bujías filtrantes al tanque alimentador.
- Colocar el depósito alimentador sobre el tanque de captación.
- Llenar de agua el depósito superior para iniciar la filtración por goteo.
- Eliminar el agua filtrada de las primeras ocho horas de goteo antes de consumirla.
- Limpie las velas aproximadamente cada 10 días, con un cepillo de cerdas rígido ó con una esponja, y abundante agua.
- No use jabón, detergente ó lejía
- Cambie las velas aproximadamente cada año para mejorar la garantía de la pureza del agua.

3.3. Ensamblaje del filtro

La candela se rellena de carbón activado y se cierra con un tapón horadado de Polivinil carboxilo (PVC) con rosca y pegado con silicón que contiene en su interior una malla de polietileno,

dejándole una válvula, luego se une el elemento filtrante con el recipiente que contiene el agua, ajustándolo con una tuerca y un empaque, luego se coloca sobre un recipiente inferior para recolectar el agua el cual contiene una válvula para dispensarla. ⁽¹⁹⁾

3.4 descripción del sistema filtrante



Costo estipulado para la elaboración del filtro

Material	Costo por unidad (¢)
Candela filtrante	¢ 33.00
Deposito de alimentación	¢ 35.00
Deposito de captación	¢ 35.00
Accesorios para ensamblaje	¢ 10.00
Válvula para dispensación del agua	¢ 9.00
Carbón activado para relleno de la vasija	¢ 2.00
Total	¢ 124.00

3.5. Toma de Muestra

Las muestras se tomaron de un pozo comunitario el cual se abastecen las comunidades en estudio.

La muestra de agua se recolectó en frascos de polietileno de un galón previamente esterilizados, según “*Guías para Calidad del Agua Potable*”⁽¹¹⁾.

3.5.1. Antes de tomar la muestra se enjuagó el frasco de muestra por 3 veces con la misma agua de muestreo.

3.5.2. Se tomó la muestra de pozos después de haberla bombeado por 10 minutos para asegurar que la muestra presente la calidad de las aguas que alimentan el pozo.

3.5.3. Se midió la Temperatura y el pH al momento de ser recolectada.

3.5.4. El frasco se identificó debidamente colocando una etiqueta donde se especificó las siguientes características:

- Hora de recolección.

- Fecha de recolección.
- Nombre de la persona que la recolectó.
- Descripción de la muestra.
- Temperatura.
- pH.
- Lugar de recolección

3.5.5. Se transportó al lugar de trabajo en una hielera, manteniendo la temperatura de 4-10°C.

3.5.6. Se realizaron los análisis lo más pronto posible con el fin de evitar cambios en la muestra.

3.6. *Pruebas Físico- Químicas*

Sobre la base de la información bibliográfica obtenida, se seleccionó los siguientes parámetros:

- pH.
- Temperatura.
- Dureza.
- Alcalinidad.
- Sulfatos.
- Cloruros.
- Hierro.

- Manganeseo.
- Conductividad.

Para la determinación de cada uno de estos parámetros (ver anexo 2)

Se le realizó análisis microbiológicos a las muestras antes y después de filtrada el agua, para lo cual se anexa su respectivo análisis (ver anexo 3)

4. Resultados

4.1. Resultados de la Encuesta

- *Interpretación de resultados obtenidos de la encuesta*

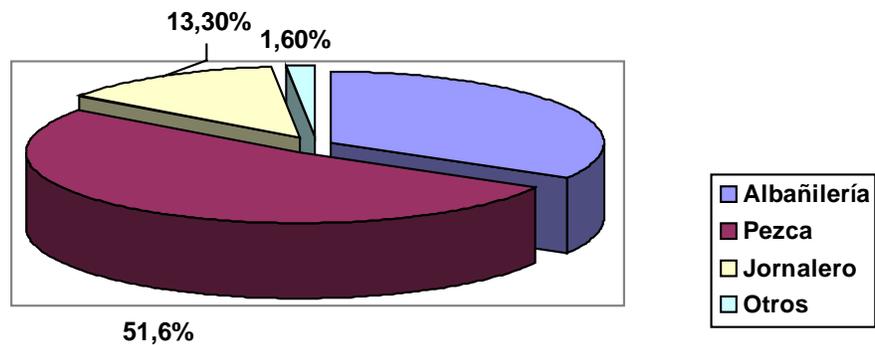
PREGUNTA 1.

¿Ocupación principal de los habitantes?

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Pesca	31	51.6%
Agricultura		
Ganadería		
Comercio		
Jornalero	8	13.3%
Albañilería	20	33.3%
Otros	1	1.6%
TOTAL	60	100%

Ocupación

- De la población encuestada, el 33.3% se dedican a la albañilería, el 51.6% a la pesca, el 13.3% a jornalero y otros 1.6%.



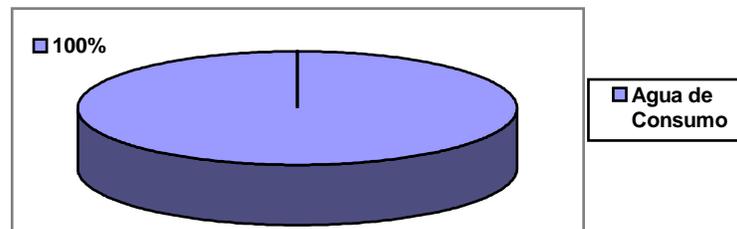
PREGUNTA 2.

¿De que fuente toman el agua para consumo?

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Río		
Chorro		
Nacimiento		
Pozo	60	100%
TOTAL	60	100%

- Fuente de donde toman el agua para consumo.

El 100% de las personas encuestadas utilizan los pozos de mecate como fuente de agua de consumo.

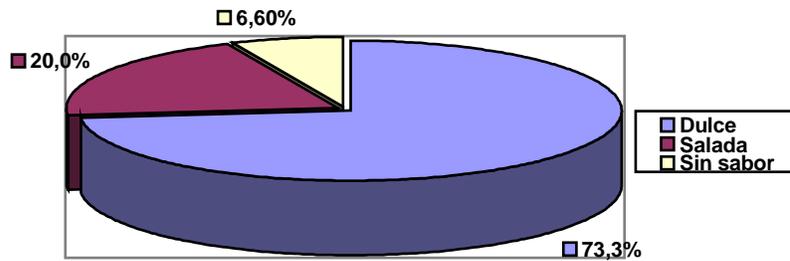


PREGUNTA 3.

¿Que sabor tiene el agua que consumen?

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Dulce	44	73.3%
Salada	12	20.0%
Ácida		
Tetelque		
Amarga		
Sin sabor	4	6.6%
TOTAL	60	100%

- Sabor que tiene el agua que consumen según resultados obtenidos de la encuesta, el 73.3% siente dulce el agua de los pozos. el 20.0% la sienten salada y el 6.6% sin sabor..



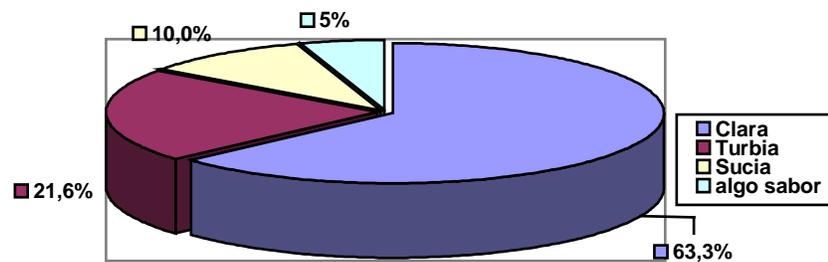
PREGUNTA 4.

¿Que aspecto tiene el agua que toman?

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Clara	38	63.3%
Turbia	13	21.6%
Sucia	6	10.0%
Si tiene algún color	3	5.0%
TOTAL	60	100%

Aspecto del Agua

- Según los resultados de la encuesta el 63.3% de los encuestados la ven clara, el 21.6% la ve turbia, el 10.0% la ve sucia y el 5% si tiene algún color.



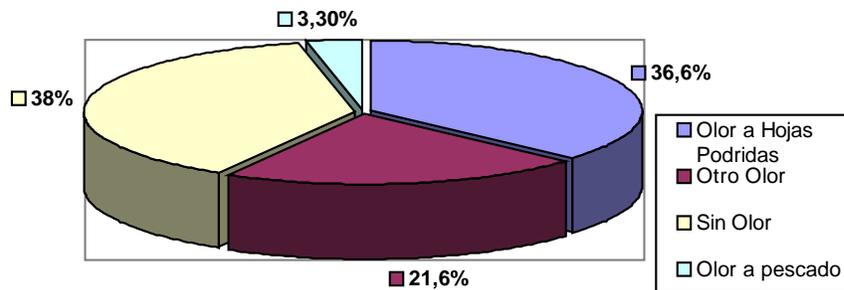
PREGUNTA 5.

¿Posee olor el agua?

DESCRIPCION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Pescado	2	3.3%
Hojas podridas	22	36.6%
Ninguno	23	38.3%
Otro	13	21.6%
TOTAL	60	100%

- Olor del agua de los pozos.

El 38.3% de las personas encuestadas no le sienten olor al agua, el 36.6% le siente olor a hojas podridas, el 3.3% le siente otro olor a pescado y otros 21.6%.



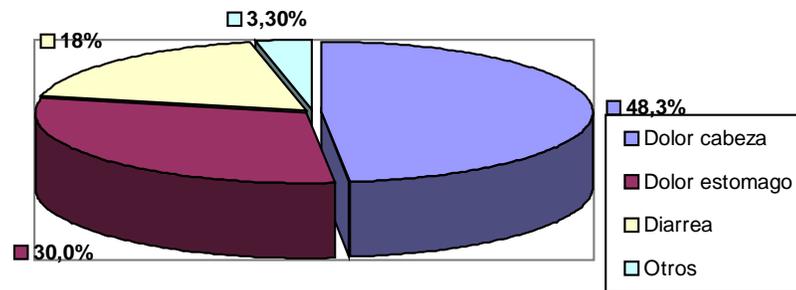
PREGUNTA 6.

¿Daños causados a la salud?

DESCRIPCION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Dolor de cabeza	29	48.3%
Dolor de estómago	18	30.0%
Vómito		
Náuseas		
Mareo		
Diarrea	11	18.3%
Alergias		
Otros	2	3.3%
TOTAL	60	100%

- Daños causados a la salud.

El 48.3% de las personas encuestadas sienten dolor de cabeza, el 18.3% les da diarrea; el 30% sienten dolor de estómago y otros 3.3%.



PREGUNTA 7.

¿Cuántas personas integran su grupo familiar?

DESCRIPCION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
2	14	23.3%
3	8	13.3%
4	6	10.0%
5	18	30.0%
6		
7	10	16.6%
8		
9		
10	4	6.6%
TOTAL	60	100%

- Número de personas que integran el grupo familiar.

El 23.3%- dijeron que 2 personas integran su grupo familiar.

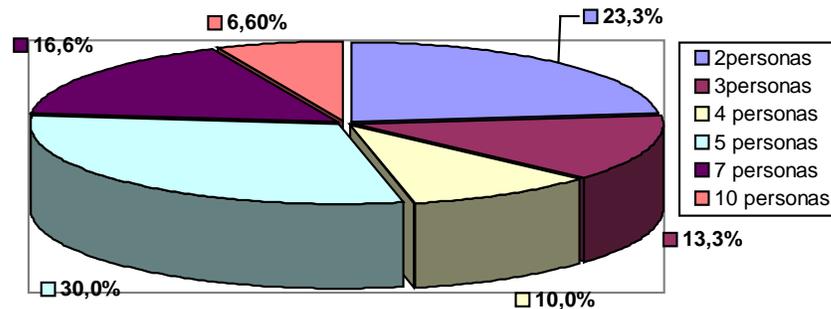
El 13.3% dijeron que 3 personas integran su grupo familiar.

El 10% dijeron que 4 personas integran su grupo familiar.

El 30% dijeron que 5 personas integran su grupo familiar.

El 16.6% dijeron que 7 personas integran su grupo familiar.

El 6.6% dijeron que 10 personas integran su grupo familiar.



REGUNTA 8.

¿Que cantidad de agua (en litros) consumen diariamente?

DESCRIPCION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
2 Galones	6	10.0%
2 ½ Galones	10	16.6%
3 Galones	16	26.6%
3 ½ Galones	2	3.3%
4 Galones	4	6.6%
5 Galones	14	23.3%
7 Galones	7	11.6%
7 ½ Galones	1	1.6%
TOTAL	60	100%

- Cantidad de agua en galones que consumen diariamente por familia.

El 10% dijo que consumían 2 galones.

El 16.5% dijo que consumían 2 ½ galones.

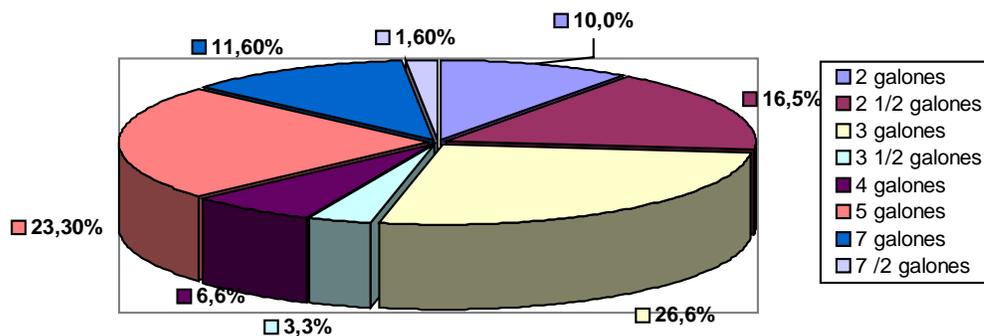
El 26.6% dijo que consumían 3 galones.

El 6.6% dijo que consumían 4 galones.

El 23.3% dijo que consumían 5 galones.

El 11.6% dijo que consumían 7 galones

El 1.6% dijo que consumían 7 ½ galones.



4.2 Interpretación de resultados de los ensayos de fabricación de la candela filtrante

Se ensayaron tres métodos de fabricación: El método artesanal, el vaciado con desfloculantes y el torneado. En los tres métodos es importante hacer una mezcla previa y adecuada de los polvos.

El método fácil y económico para la fabricación de la candela filtrante es el vaciado con desfloculante, pero se debe tener cuidado de no agregar un exceso ya que esto provocaría fragmentación de la pieza y le daría alcalinidad al agua filtrada, también se debe agregar una cantidad adecuada de Bentonita pues un exceso provocaría una gran dificultad para despegar la candela del molde. Si se agrega demasiado Caolín la bujía no filtra y no seca rápidamente.

La bujía debe secarse por 72 horas al aire libre y en el horno por 8 horas para poder realizar los controles de porcentaje de absorción de agua y la velocidad de agua por día

Para la fabricación de la bujía filtrante se realizó una serie de ensayos; Variando el porcentaje de los componentes tomando en cuenta las propiedades: Plásticas, elásticas y refractorias de la mezcla en cada ensayo; Los primeros 6 ensayos se realizaron artesanalmente, usando el método de Peliscado, se quemó a 1150 °C, pero la filtración que se obtuvo fue insignificante por lo que se disminuyó la cantidad de Caolín sustituyéndola por Boolkley y así facilitar la formación de la candela por el

método de Vaciado usando como desfloculante el Silicato de Sodio el cual nos permitió tener una densidad adecuada (1.7 – 1.8); se realizó siete ensayos de esta manera y se hornearon a 1100 °C. Se tomaron controles de porcentaje de absorción, resistencia a la presión mecánica y velocidad de flujo encontrándose que la velocidad era muy lenta; por lo que se continuaron los ensayos hasta el N° 17, se quemaron a 1050 °C, observándose que la velocidad de flujo había aumentado por lo que se procedió a realizar el primer Análisis Físico-Químico tal como se muestra en el cuadro N° 4.3 encontrándose que se disminuye la dureza del agua al pasar por el filtro al igual que el pH; se disminuyó la Alcalinidad y los Sulfatos, los Cloruros, el Hierro y el Manganeso; pero era necesario reformular para aumentar la velocidad de flujo por lo que continuamos realizando ensayos hasta el N° 20 quemando a 1014 °C, se le hicieron controles y se efectuaron otros 2 ensayos Físico-Químicos, observándose que el pH aumentaba al pasar el agua por el filtro aunque los demás parámetros disminuían o se mantenían constantes y que la velocidad de flujo había aumentado, aunque no es lo suficiente para satisfacer la demanda de una familia promedio en estas comunidades.

Tomando como base la formulación N° 20 se realizaron otras tres formulaciones disminuyendo la cantidad de Bentonita y el Silicato utilizado ya que son materias primas muy alcalinas, se quemó a 950 °C, se realizaron los ensayos Físico-Químicos a nuevas muestras de agua, encontrándose que la bujía fabricada en el último ensayo era capaz de retener la contaminación Físico-Química y llevar todos los parámetros a

los niveles aceptados por las Normas de CONACYT incluyendo el pH; por lo que se procedió a realizar un análisis, microbiológico, encontrándose que el filtro es capaz de retener la Escherichia Coli y las Coliformes Fecales Totales.

Se hicieron dos ensayos usando arcilla local de Ilobasco, fabricando en torno y quemándolos a 950 °C, pero con este tipo de arcilla no se pudo obtener una formulación que lograra filtrar el agua, por lo que se descartó este tipo de materia prima.

4.2.1 Ensayos realizados para la Elaboración del Filtro

II.	Formulaciones	Porcentaje Utilizados (%)							Observaciones						
		Diatomita	Bentonit	Kaolin	Silicato de sodio	Arena de sílice	Bookley	Agua	Capacidad de formación	Porosidad	Vaciado	Plasticidad	% absorción de agua	Velocidad de flujo por día	Tº de Horneado
1		65.0	10.0	20.0	--	5	--	15	--	--	--	↑	--	--	1150
2		60.0	10.0	25.0	--	5	--	20	--	--	--	↑	--	--	1150
3		40.0	10.0	40.0	--	10	--	25	--	--	--	↑	--	--	1150
4		45.0	10.0	40.0	--	5	--	30	--	--	--	↑	--	--	1150
5		40.0	10.0	50.0	--	--	--	35	M	--	--	↑↓	--	--	1150
6		35.0	5.0	60.0	--	--	--	40	--	--	--	↓	--	--	1150
7		15.0	--	15.0	--	--	70	70	M	R	M	MB	--	--	1100
8		10.0	--	15.0	--	--	75	6	MB	B	B	B	--	--	1100
9		26.6	6.66	66.6	--	--	--	90	B	B	B	B	--	--	1100
10		20.0	5.0	75.0	--	--	--	80	B	B	B	MB	--	--	1100
11		15.0	--	15.0	--	--	70	60	--	M	M	M	--	--	1100
12		22.0	3.0	75.0	--	--	--	80	--	M	--	M	--	--	1100
13		5.0	--	--	--	--	95	40	B	B	B	B	--	--	1100
14		10.0	2.0	--	1ml	--	¼ galón	15	B	B	B	B	19	5.0L	1050
15		10.0	12.0	--	1ml	--	¼ galón	10	B	B	B	B	15.26	8.2L	1050
16		12.0	2.5	--	1ml	--	¼ galón	13.5	B	B	B	B	17.88	7.5L	1050
17		10.0	4.0	--	1ml	2	¼ galón	15	B	B	B	B	20.42	8.1L	1050
18		10.0	4.0	--	1ml	2	¼ galón	15	B	R	B	B	20.0	8.7	1014
19		10.0	4.0	--	1ml	2	¼ galón	20	R	R	R	B	18.00	9.2	1014
20		10.0	4.0	--	1ml	2	¼ galón	13	B	B	B	B	23.00	10.22l	1014
21		13.0	1.0	10	1.5ml	2	¼ galón	37	B	B	B	B	17.60	11.52	950
22		13.0	2	10	0.5ml	2	¼ galón	32	B	B	B	B	18.36	10.0	950
23		13.0	2	10	0.3ml	2	75	21	MB	MB	MB	MB	24.00	13.0	950

Simbología: Elevada = ↑ Baja = ↓ B = Bueno R= Regular M= Moderada MB= Muy Buena -- = No es posible

4.3 Interpretación de los resultados de análisis físico-químico.

De acuerdo a los resultados obtenidos se observó que los parámetros estudiados en las muestras de agua se encuentran dentro de los rangos aceptables, sin embargo al hacer pasar el agua por el filtro estos valores se redujeron en cada ensayo a excepción del pH, que aumentó en la muestra dos y tres, pero en la muestra 4 el valor de pH se redujo a un rango aceptable.

El único parámetro que permaneció invariable fue la conductividad eléctrica.

Por todo lo expuesto anteriormente podemos afirmar que el agua que consumen los habitantes del Buen Samaritano y El Barrio Concepción se encuentra en condiciones aceptables, el filtro reduce estos valores manteniéndolos siempre dentro de los parámetros establecidos.

4.3.1 Cuadro de Análisis Físico – Químico en muestras de agua sin filtrar y filtrada

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE	MX ₁		MX ₂		MX ₃		MX ₄	
				SIN FILTRAR	FILTRADA						
pH.		6.0	8.5	8	8	8	9	8	9.2	8	7.5
Temperatura	°C	18.0	30.0	29	29	29	29	29	29	29	29
Dureza Total	mg/L	100.0	400.0	218	200	420.2	383.16	235.0	212.0	212.0	208
Alcalinidad Total	mg/L	30.0	350.0	228	216	178	142	196	172	180	162
Sulfatos	mg/L	25.0	250.0	1.24	0.54	0.126	0.60	1.31	0.87	1.23	0.5
Cloruros	mg/L	25.0	250.0	40.28	38.32	42.53	39.81	43.97	40.43	42.23	39
Hierro Total	mg/L	0.05	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.06	0.03	0.05	0.03
Manganeso	mg/L	0.05	0.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0
Conductividad	µmgo/cm a 25°C	500.0	1600.0	600	600	600	600	625	625	600	600

MX1 = Formulación N° 1

MX2 = Formulación N° 20

MX3 = Formulación N° 21

MX4 = Formulación N° 23

4.4 Interpretación de los resultados obtenidos del análisis microbiológico

De acuerdo a los resultados obtenidos en el agua de consumo de los habitantes del Buen Samaritano y El Barrio Concepción, se comprobó que el agua presenta contaminación microbiológica: Coliformes totales, Coliformes fecales, Escherichia Coli y microorganismos patógenos como la Pseudomona, comparando este resultado con el obtenido en el análisis microbiológico realizados al agua de consumo previamente filtrado, está presentaba ausencia de microorganismos y es ahí donde radica la importancia del uso de este filtro, ya que retiene los microorganismos patógenos.

4.4.1 Resultados de análisis Microbiológico de agua no filtrada

De la muestra número cuatro del filtro número veintitrés

Referencia : Norma Salvadoreña

NSO 13.07 – 01.9

PARÁMETRO	RESULTADOS	VALOR RECOMENDADO
Coliformes totales	NMP = 5 coliformes / 100 ml Positivo	NMP = menor 2.2 col / 100 ml
Coliformes Fecales	NMP = 5 colif / 100 ml Positivo	NMP = 2.2 colif / 100 ml
Escherichia coli	Positivo	Negativo
Organismos patógenos	Presencia de Pseudomona	Ausencia

NMP= Número Máximo Permisible

4.4.2 Resultados de análisis microbiológico del agua filtrada

De la muestra número cuatro del filtro número veintitrés

Referencia: Norma Salvadoreña

NSO 13.07 – 01.97

PARÁMETRO	RESULTADOS	VALOR RECOMENDADO
Coliformes totales	NMP menor de 2.2 col/ 100 ml. Negativo	NMP menor 2.2 col / 100 ml
Coliformes Fecales	NMP menor 2.2 coli/ 100 ml. Negativo	NMP menor 2.2 col/ 100 ml
Escherichia coli	Negativo	Negativo
Organismos patógenos	Ausencia	Ausencia

NMP= Número Máximo permisible

5 CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta se encontró que toda la población estudiada no tiene acceso a el agua potable, el agua de los pozos está contaminada ya que no cumple con propiedades organolépticas y microbiológicas.
- Los trastornos de salud más frecuentes son dolores de cabeza, dolor de estomago, diarreas y otros síntomas no específicos; probablemente relacionados con las infecciones gastrointestinales.
- Las materias primas utilizadas para la elaboración del filtro de cerámica le proporciona propiedades de retener materia orgánica en suspensión y remover microorganismos patógenos y otros tipos de vida microbiana, que son los causantes de enfermedades de origen hídrico; por lo cual la introducción de estos filtros en las comunidades estudiadas que no cuentan con ningún suministro de agua potable, proporciona la disminución de enfermedades.
- La porosidad del filtro disminuye a medida que se aumenta la temperatura de horneado.
- Los ensayos realizados en la fabricación del filtro demuestran que los porcentajes utilizados permiten fabricar fácilmente la candela filtrante por el método de defloculación.
- La velocidad de flujo del agua filtrada es de 13 L/día (goteo lento)

- La velocidad de flujo depende del tamaño del poro y de la temperatura en la cual ha sido quemado el elemento filtrante y de la presión del agua.
- La cantidad de agua filtrada por día no es la suficiente para satisfacer la necesidad de una familia numerosa, pero si para familia pequeña.
- La velocidad de flujo obtenida es mínima pero es capaz de retener la contaminación física-química y microbiológica.
- De acuerdo a los resultados en el análisis físico químico realizados a la muestra cuatro usando el filtro número 23 concluimos que el filtro es capaz de remover la contaminación de los siguientes parámetros: pH de 8 a 7.5, Dureza Total de 212 a 208 mg/L, Alcalinidad Total de 180 a 162 mg/L, Sulfatos de 1.23 a 0.5 mg/L, el Manganeseo no se encontraba presente y la conductividad electrica se mantuvo constante. En cuanto al análisis microbiológico realizados a la misma muestra el filtro número 23, en el agua sin filtrar se encontró contaminación de coliformes totales y fecales, Echericha Coli, presencia de Pseudomona; comparando este resultado, con el obtenido en el agua filtrada, se comprobó que el filtro retiene todos estos microorganismos patógenos ya que en el resultado del análisis microbiológico dio ausencia de estos microorganismos.
- El filtro de cerámica es sencillo de operar, no requiere equipo, ni material sofisticado y no necesita entrenamiento especializado para su mantenimiento.
- Según el análisis de costos realizados en el presente estudio se determinó que el precio del filtro es de ¢124.00

6 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la producción del filtro de cerámica sea realizada por una Institución sin fines de lucro para poderlo distribuir a personas de escasos recursos económicos.
- El filtro de cerámica puede ser utilizado en aquellas zonas rurales que no cuentan con ningún suministro de agua potable; Ya que es eficaz para eliminar la contaminación físico-químico y microbiológico o llevarla a límites aceptables.
- Se recomienda realizar mas investigaciones para verificar la eficacia del filtro, y realizar monitoreos de las aguas para conocer el estado del filtro.
- La institución que promueva los filtros de cerámica además de su introducción al medio rural, tendrá que hacer visitas periódicas para supervisar la correcta operación del sistema filtrante y hacer las correcciones del caso si son necesarias.
- Se recomienda que en el diseño del aparato donde va ir ensamblado el filtro contenga dos elementos filtrantes para obtener un doble rendimiento de velocidad de flujo.
- Para obtener una densidad adecuada sin usar un exceso de agua es necesario usar un mililitro de silicato de sodio por un kilogramo de polvo, ya que el silicato de sodio es un excelente desfloculante, pero es muy alcalino y un exceso de este o de agua causaría fragmentación de la candela al secar.

- Es recomendable que la bujía después de ser quemada se mantenga sumergida en agua destilada por lo menos doce horas cambiándola periódicamente, para que las cenizas sean lavadas completamente y de esta manera el pH del agua filtrada cumpla con las normas oficiales.
- Es necesario llenar de agua hasta su nivel el recipiente donde va ensamblada la bujía filtrante y dejarlo por 24 horas y luego descartar el agua filtrada a fin de que se regule el pH y se alcance una velocidad de flujo óptima.
- Este filtro solo puede ser usado para aguas limpias ya que los poros se obstruyen con aguas turbias.
- Se recomienda monitorear el filtro desmontándolo cada 8 días, y limpiar la bujía con un cepillo de cerdas suaves y abundante agua sin usar jabón o detergentes.
- Se recomienda realizar una normalización del diseño del filtro para industrializar la fabricación de los accesorios.

7 RESUMEN DE TRABAJO

El presente trabajo de investigación se realizó debido a la dificultad que presentan las comunidades de escasos recursos, como en el caso de la Comunidad El Buen Samaritano y El Barrio Concepción de San Luis La Herradura en el Departamento de la Paz, que son comunidades que no cuentan con servicio de agua potable, únicamente hacen uso de los pozos de mecate, los cuales suelen encontrarse dentro de las casas y a veces contiguo a las fosas sépticas o letrinas, por lo que se da una contaminación al filtrarse el agua a través de la tierra ocasionando así daños en la salud de la población.

Se realizó un estudio de campo, pasándoles una encuesta a los habitantes de las comunidades en estudio, luego se realizaron análisis Físico-Químicos y Microbiológicos al agua que consumen.

De acuerdo a los resultados obtenidos se propuso un filtro de cerámica de fácil manejo y accesible .

Posteriormente se realizaron análisis Físico-Químicos y Microbiológicos al agua previamente filtrada para comprobar la eficacia del filtro.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) A. Escher, Frank. "ANÁLISIS RÁPIDO DE AGUA POTABLE", Facultad de Química y Farmacia Universidad de El Salvador, 1997.
- 2) American Public Health Association, "MÉTODOS ESTANDAR PARA EL EXAMEN DE AGUAS Y AGUAS DE DESECHO" 11ª Edición, Editorial Interamericana, S.A. México, 1963.
- 3) Bonilla Gildaberto. COMO HACER UNA TESIS DE GRADUACIÓN CON TÉCNICAS ESTADÍSTICAS, San Salvador, El Salvador, C.A. 1993
- 4) Branson, Doroty. MÉTODOS EN BACTERIOLOGÍA CLÍNICA, Manual, Test y Procedimientos, Editorial Aires, 1975. .
- 5) Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología. "NORMAS DE CALIDAD PARA AGUA POTABLE", 1999.
- 6) ICAITI, "PURIFICACIÓN DE AGUA UTILIZANDO PEQUEÑOS FILTROS ARTESANALES", XIII Congreso Centroamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Guatemala, 1981.
- 7) Kirk, Raymunid E. "ENCICLOPEDIA DE TECNOLOGÍA QUÍMICA" Unión Tipográfica, Editorial Hispanoamericana, 1ª Edición en Español. Tomo I, II, IV, V, VI, X, XII.
- 8) Maclaren & Sons LTD. MODERN CERAMIC PRACTICE, The University Pres Aberdeen, Printed in Grent Britain, 1978.

- 9) Mc Junkin, F. Eugene, "AGUA Y SALUD HUMANA" 1ª Edición, Editorial LIMUSA, México, D.F. 1986.
- 10) Steel W. Ernest, "ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO". Facultad de Ingeniería, 3ª Edición, 1965.
- 11) Organización Panamericana de la Salud. "GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE" Volumen I. Recomendaciones Publicación Científica N°481,1995.
- 12) Organización Panamericana de la Salud. "GUÍAS PARA LA SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE DESINFECCIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN PUEBLOS PEQUEÑOS Y COMUNIDADES RURALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE" Serie Técnica N°30, Septiembre, 1995.
- 13) Gamarra Mata Jose Ignacio, Dominguez Pantoja Ana Celia. Proyecto Protección del Medio Ambiente. Green COM/EI Salvador "CONOCIMIENTOS, PERCEPCIONES Y COMPORTAMIENTO SOBRE EL AGUA EN HOGARES RURALES", San Salvador, El Salvador, 1998
- 14) Hernández Guzmán, Ana Cecilia. "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN FILTRO DE AGUA PARA USO DOMICILIAR EN ÁREAS RURALES". , San Salvador, El Salvador, C.A., Facultad de Ingeniería Química, Universidad de EL Salvador. 1988.

- 15) Mejía Saggett, Ena Danely y Rosales Gomez Eva Margarita, "PROPUESTA PARA REGULAR LA CONCENTRACIÓN DE IONES HIDROGENO EN EL AGUA UTILIZADA POR LOS HABITANTES EN EL CANTON CARASQUE, NUEVA TRINIDAD, CHALATENAGO". Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador. 1999.
- 16) Shapiro, Elizabeth y Tran A. Bambi. "ACCIONES AMBIENTALES PARA EL MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE EN LAS COMUNIDADES RURALES", San Salvador, El Salvador, C.A., 1998.
- 17) Cerna Castillo Juan Francisco. "ENTREVISTA", Director de la Unidad de Salud de San Luis La Herradura.
- 18) Córdoba Mejía Emael, "ENTREVISTA" Secretario Municipal de la Alcaldía de San Luis La Herradura
- 19) Joza Federico, "ENTREVISTA", Experto en Fabricación de Productos Cerámicos.

ANEXOS

ANEXO 1

ENCUESTA PARA DETERMINAR LA PROBLEMÁTICA DE SALUD EN LA ZONA

Se realizó una encuesta a los habitantes de la Comunidad El Buen Samaritano y El Barrio Concepción de San Luis La Herradura, con el propósito de determinar los efectos causados a la salud.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

Encuesta para determinar los daños causados a la salud, debido a la contaminación físico química del agua; de las comunidades El Buen Samaritano y El Barrio Concepción de San Luis La Herradura.

Datos personales del encuestado:

Edad: _____

Sexo: _____

Ocupación: _____

- a) Pesca
- b) Agricultura
- c) Ganadería
- d) Comercio
- e) Otros

1) ¿De qué fuente toman el agua para consumo?

- a) Río
- b) Chorro
- c) Nacimiento
- d) Pozo

2) ¿Qué sabor tiene el agua que consumen?

- a) Dulce
- b) Salada
- c) Acida
- d) Tetelque
- e) Amarga
- f) Sin sabor

3) ¿Qué aspecto tiene el agua que toman?

- a) Clara
- b) Turbia
- c) Sucia
- d) Si tiene algún color

4) ¿Posee olor el agua?

- a) Pescado
- b) Hojas podridas
- c) Ninguno

d) Otro

5) ¿Daños causados a la salud?

a) Dolor de cabeza

b) Dolor de estómago

c) Ardor de estómago

d) Vómitos

e) Náuseas

f) Mareo

g) Diarrea

h) Alergias

i) Otros

6) Uso del suelo

a) Cultivo

b) Fertilización

c) Instrumento de preparación del suelo para la siembra

7) ¿Existe alguna industria cercana, de que?

8) ¿Cuántas personas integran su grupo familiar?

9) ¿Qué cantidad de agua (en litros) consumen diariamente?

ANEXO 2

PROCEDIMIENTOS PARA LAS DETERMINACIONES FISICO-QUÍMICAS

▫ *Determinación de pH* ⁽²⁾

Fundamento del Método: Método Potenciométrico.

Se fundamenta en la medición directa de un potencial de electrodo a partir del cual se puede determinar la actividad (o concentración) de un ion activo.

Especificaciones del Equipo:

Medidor de pH (pH metro).

Modelo: METTLER TOLEDO 355 Ion Analyzer

Gama de mediciones: pH = 0.00-14.00

Resolución: 0.01

Error absoluto: $\pm 10^{-4} \pm 1$ dígito

Procedimiento para toma de pH

- Encender el equipo.
- Con la tecla de Mode cambiar a T °C.
- Lavar el electrodo con agua destilada libre de CO₂.
- Calibrar con buffer pH 4, 7 y 9 .
- Lavar el electrodo y leer la muestra
- Apagar el equipo.

Cálculo: Lectura Directa.

▫ *Determinación de Temperatura* ⁽²⁾

La determinación de la temperatura en grados Celcius (°C) se lleva a cabo con cualquier termómetro de mercurio, de escala centígrada.

Instrumento: Termómetro de Mercurio de Escala 0 - 400 °C.

Procedimiento:

Sumergir el termómetro de mercurio en el agua a una profundidad aproximadamente de 10 cm.

Realizar la lectura después de un tiempo suficiente para lograr una lectura constante.

Lectura: Directa (°C)..

▫ *Determinación de Dureza* ⁽²⁾

Fundamento del Método:

“Método de Titulación con Etilendiaminotetracético EDTA” ⁽²⁾

El ácido etilendiaminotetracético y sus sales de sodio (EDTA) forman un quelato complejo soluble cuando se agregan a una solución cationes metálicos. Si se agrega una pequeña cantidad de un indicador, como el negro eriocromo T a una solución acuosa que contenga iones de calcio y magnesio, a un valor de pH de 10 ± 0.1 , la solución vira a rojo vino, si entonces se agrega el EDTA como titulador, se forman complejos de calcio y magnesio. Después que se ha agregado el EDTA suficiente

para que todos los iones de calcio y magnesio hayan formado complejos, el color de la solución virará de rojo vino a azul, que es el punto final de la titulación.

Reactivos:

Solución Amortiguadora (pH = 10)

Indicador colorante Eriocromo T en polvo

Titulador EDTA 0.01 M previamente estandarizado con solución valorada de calcio.

Procedimiento:

En un erlenmeyer se colocan 25 ml de muestra. Agregar un mililitro de la solución amortiguadora hasta un pH = 10. Se agrega una cantidad apropiada del indicador (0.10 g). Agregar lentamente el titulador, con agitación continua, hasta que desaparezca de la solución el último tinte rojizo. Agregando las últimas gotas del valorante a intervalos de 3 a 5 segundos. En el punto final el color de la solución es azul.

Cálculo:

$$A = B \cdot f / C$$

$$f = D / E$$

Donde:

A = Dureza en mg/L de CaCO₃

B = ml de titulador EDTA

C = Litros de muestra

f = factor de corrección

D = mg de CaCO_3

E= ml de titulador EDTA

El valor de f se calculó en base a la preparación del EDTA

Sustituyendo:

Valoración 1

$$f = \frac{20 \text{ mg de CaCO}_3}{9.6 \text{ ml}} = 2.08 \text{ mg/ml}$$

valoración 2

$$f = \frac{20 \text{ mg de CaCO}_3}{9.8 \text{ ml}} = 2.04 \text{ mg/ml}$$

$$\text{Promedio } (\bar{X}) = 2.06 \text{ mg/ml}$$

Sustituyendo :

Valoración 1

$$A = (4.0 \text{ ml} \times 2.06 \text{ mg/ml}) / 0.025 \text{ L} = 329.6 \text{ mg/L}$$

Valoración 2

$$A = 296.64 \text{ mg/L}$$

$$\text{Promedio } (\bar{X}) = 313.12 \text{ mg/L}$$

□ *Determinación de Alcalinidad.* ⁽²⁾

Fundamento del método titrimétrico. El contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos se determina por la titulación de una alícuota de la muestra con una

solución valorada de ácido, estableciendo los puntos sucesivos de equivalencia del bicarbonato y ácido carbónico.

El primer punto $\text{pH} = 8.3$ se determina usando como indicador fenoftaleína y se atribuye el gasto de titulante a la neutralización de los hidróxidos y paso de los carbonatos a bicarbonatos. El segundo punto ($\text{pH} = 4.5$) puede ser afectado ligeramente por la presencia de sales disueltas, se determinan por el indicador anaranjado de metilo o con el indicador mixto compuesto de verde de Bromecresol-rojo de metilo, el gasto de titulante corresponde al usado en la neutralización de los carbonatos a anhídrido carbónico.

Reactivos:

Agua destilada libre de CO_2

Ácido Sulfúrico 0.02N (estandarizado)

Indicador solución de Anaranjado de metilo al 1%

Preparación de la solución de anaranjado de metilo :

Se disuelve 1 g de anaranjado de metilo en 1 litro de agua destilada

Procedimiento:

Tomar 25 ml de muestra, agregar 0.10 de indicador, se titula sobre una superficie blanca, con ácido sulfúrico 0.02 N, hasta el punto de equivalencia adecuado.

El indicador cambia al Anaranjado a un $\text{pH} = 4.6$ y Rosa a un $\text{pH} = 4$

Cálculo: $A = \frac{B \times C \times D \times E}{F}$

F

Donde :

A = Alcalinidad total, en mg/L de CaCO_3

B = mililitros de ácido valorado

C = Normalidad del H_2SO_4

D = meq/ml

E = 50.00mg/meq

F = Litros de muestra

Sustituyendo :

valoración

ml de ácido valorado = 5.5 ml

Normalidad del ácido = 0.02 meq/ ml

Reacción:



PM $\text{CaCO}_3 = 100\text{g}$

Equivalente del $\text{CaCO}_3 = 100 \text{ g} / 2 = 50 \text{ eq. gramos}$ del carbonato de calcio que reacciona con un equivalente de H_2SO_4

Para el H_2SO_4 : 49 eq. gramos

ml de muestra tomada = 0.025 L

sustituyendo en la formula :

$$A = \frac{4.4 \text{ ml} \times 0.02 \text{ meq} \times 50.0 \text{ mg/meq}}{0.025 \text{ L}}$$

$$A = 176 \text{ mg/ L}$$

Valoración 2:

$$A = \frac{4.6 \text{ ml} \times 0.02 \text{ meq} \times 50.0 \text{ mg/meq}}{0.025 \text{ L}}$$

$$A = 184 \text{ mg/L}$$

$$\text{Promedio } (\bar{X}) = 180 \text{ mg/L}$$

▫ *Determinación de Sulfatos* ⁽²⁾

fundamento del Método: Método Turbidimétrico

El ion sulfato se precipita con cloruro de bario, en un medio de ácido clorhídrico, en condiciones que permitan la formación de cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme. Se mide la absorbancia de la suspensión del sulfato de bario por medio de un espectrofotómetro y se determina la concentración de ion sulfato, por comparación de la lectura con la curva de calibración.

Especificación del Equipo:

Spectronic 20 Bausch & Lom a una $\lambda = 420 \text{ nm}$

Preparación de solución patrón:

- 1- Se prepara solución patrón: partiendo del ácido sulfúrico 0.02 N, para lo cual se toma una alícuota de 10.40 ml (equivalente a 10 mg de sulfato) de dicho

ácido y se afora a 100 ml (10mg/100ml). Donde 1 ml de solución patrón equivalen a 0.10 mg de sulfato.

2- Preparar serie de estándares de 0-4 mg/ml

Ejemplo de la preparación de un estándar:

$$V_1C_1 = V_2C_2$$

V_1 = Volumen a tomar de la solución patrón
 V_2 = Volumen a preparar de solución estándar (100 ml)

De sulfato (10 mg/ 100ml)

C_1 = Concentración de la solución patrón de sulfato (10 mg/100ml)
 C_2 = Concentración de la solución estándar (0.5 mg/100ml)

$$V_1 = \frac{V_2C_2}{C_1} = \frac{100\text{ml} \times (0.5 \text{ mg}/100\text{ml})}{(10 \text{ mg}/ 100\text{ml})} = 5 \text{ ml}$$

Preparación de estándares de sulfatos

Concentración SO_4^{2-} Mg/ 100 ml	Alicuota de Solución Patrón tomada (ml)	Llevar a volumen (ml)
0.00	0.00	100.00
0.50	5.00	100.00
1.00	10.00	100.00
1.50	15.00	100.00
2.00	20.00	100.00
2.50	25.00	100.00
3.00	30.00	100.00
3.50	35.00	100.00
4.00	40.00	100.00

Reactivo:

Solución acondicionadora.

Cloruro de bario calidad ACS (sólido)

Solución patrón de sulfato: 0-4 mg/L

Preparación de la solución acondicionadora.

Mezclar 50 ml de glicerina con una solución que contenga 30 ml HCL concentrado. Agregar 300 ml de agua destilada, 100 ml de Alcohol Etílico ó Isopropílico al 95 por ciento y 75 g de Cloruro de Sodio.

Procedimiento:

En un Erlenmeyer medir 100 ml de muestra. Se agregan exactamente 5 ml de solución acondicionadora y se mezcla en el aparato de agitación. Mientras se mantienen en agitación se agrega un gramo de cristales de cloruro de bario, a partir de ese instante, se cuenta el tiempo, agitándose por 1 minuto a velocidad constante. Inmediatamente después que termine el período de agitación, se vierte parte de la solución en la celda del espectrofotómetro y se mide su turbiedad a una $\lambda = 420$ nm, a intervalos de 30 segundos, durante 4 minutos.

Generalmente se obtiene la turbiedad máxima dentro de los 2 minutos, y a partir de entonces, las lecturas se mantienen constantes por 3-10 minutos. Se considera como turbiedad la correspondiente a la lectura máxima en el período de 4 minutos.

Se estima la concentración de sulfatos en la muestra, comparando la lectura de turbiedad con una curva de calibración obtenida por el mismo procedimiento con las soluciones de sulfato.

Para sulfatos

Cálculo para Sulfatos: utilizando fórmula $A = B/C$

$$A = \text{mg/L de SO}_4^{-2}$$

$$B = \text{mg de SO}_4^{-2}$$

$$C = \text{L de muestra}$$

Para agua sin filtrar: (Muestra 1)

$$A = \frac{0.124 \text{ mg}}{0.1 \text{ L}} = 1.24 \text{ mg/L}$$

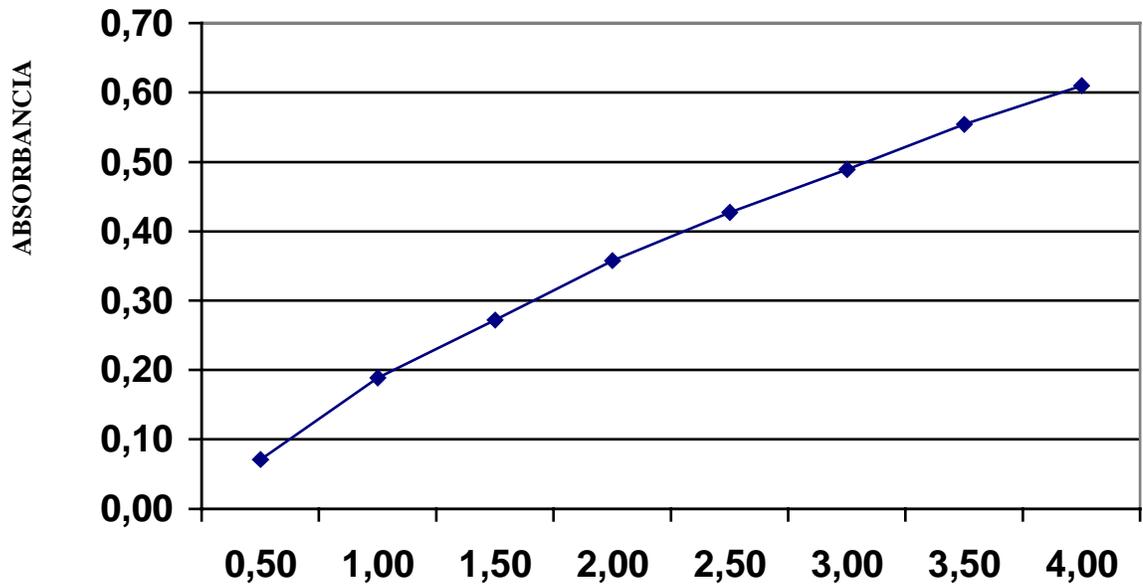
Para agua filtrada: (Muestra 1)

$$A = \frac{0.054 \text{ mg}}{0.1 \text{ L}} = 0.54 \text{ mg/L}$$

Tabla de Curva de Calibración de Estándares de Sulfatos

Concentración mg/100 ml	Absorbancia
0.00	0.00
0.50	0.071
1.00	0.189
1.50	0.272
2.00	0.358
2.50	0.427
3.00	0.489
3.50	0.554
4.00	0.610

Curva de Calibración de Estándares de Sulfatos



Tabulación de Absorbancias del Agua Antes y Después de Filtrar

Pozo	Absorbancia	Concentración Obtenida de la Gráfica mg/100 ml
Mx ₄ Sin Filtrar	0.20	1.23
Mx ₄ Filtrada	0.08	0.50

▫ *Determinación de Cloruros* ⁽²⁾

Fundamento del Método: "Método de Mohr"

En una solución neutra o ligeramente alcalina, se puede usar el cromato de potasio para indicar el viraje en la titulación de cloruros con nitrato de plata. Se precipita cuantitativamente el cloruro de plata, antes de que se forme el cromato de plata rojo.

Reactivos:

- Agua libre de cloruros.
- Hidróxido de sodio 1N.
- Solución indicadora de cromato de potasio 1%.

Solución valorada de Nitrato de Plata 0.0141 N previamente estandarizada con solución valorada de Cloruro de Sodio 0.0141 N

Procedimiento:

Una muestra de 100 ml., ajustarla a un pH entre 7-10 con solución de hidróxido de sodio 1N.

Agregar 1 ml de indicador de cromato de potasio en solución. Titular con la solución valorada de nitrato de plata hasta un viraje de color a amarillo rojizo.

Llevar un blanco siguiendo el método de titulación anterior.

Un gasto de 0.2-0.3 ml para el blanco, es usual en este método.

Cálculo:

$$A = \frac{(B - C) \times D \times E}{F}$$

B = ml de AgNO₃ para muestra

C = ml gastados en el blanco

D = Normalidad del AgNO₃ meq/ml.

E = 35.460 mg/meq

F = L de muestra

Valoración 1:

B = 4.8 ml (gastados en la valoración).

C = 0.3 ml(gastados en el blanco).

D = 0.01 meq/ml.

E = 35.460 mg

Reacción:



Peso atómico del cloro = 35.46 g/mol \equiv 35460 mg – 1000 ml – 1N

$$\text{Eq} = \frac{35460 \text{ mg}}{1\text{L}} = 35460 \text{ mg presentes en 1000 ml}$$

1 meq = 35.460 mg

ml de la muestra = 25 ml = 0.025 L

sustituyendo en la Fórmula

$$A = \frac{(4.8 - 0.3)\text{ml} \times 0.01 \text{ meq/ml} \times 35.460 \text{ mg/meq}}{0.025 \text{ L}}$$

$$A = 63.828 \text{ mg/L}$$

Valoración 2:

$$A = 63.828 \text{ mg/L}$$

$$\text{Promedio: } \bar{X} = 63.828 \text{ mg/L}$$

- *Determinación de Hierro. ⁽²⁾*

Fundamento del Método: Método de la fenantrolina

El hierro se disuelve y se reduce al estado ferroso por ebullición con ácido e hidroxilamina, haciendo reaccionar posteriormente con 1, 10 – fenantrolina a valores de pH de 3.2 a 3.3 tres moléculas de fenantrolina forman un quelato con cada átomo de hierro ferroso para dar lugar a un complejo rojo- anaranjado.

Equipo utilizado: Fotómetro SQ₁₁₈

Material : Kits analíticos para hierro.

Rango de lectura: 002-255 mg lb.

Merck Darmstadt, Germany.

Reactivos:

Reactivo 1: Ortofenantrolina

Procedimiento:

Lavar la celda con la muestra a analizar.

Agregar 5 gotas de ortofenantrolina, esperar 3 minutos y tomar la lectura directamente en el aparato

▫ *Determinación de Manganeso* ⁽²⁾

Fundamento del Método: Método de Persulfato

La oxidación de los compuestos manganosos solubles, por la acción del persulfato a la forma de permanganato, se verifica en presencia de nitrato de plata

El color resultante es estable, cuando menos por unas 24 horas, si se tiene exceso de persulfato y no se tiene materia orgánica.

Equipo utilizado: Fotómetro SQ 118

Material Kits analíticos para manganeso

Rango de lectura: 0. 5- 10 ppm.

Merck Darmstadt, Germany.

Reactivos:

Mn - 1A

Mn – 2A (Formaldehído, hidroxilamonio cloruro).

Mn - 3A (Hidroxilamonio cloruro)

Procedimiento:

Se llena la celda con muestra de agua a 25°C hasta el enrase.

Añadir 8 gotas de reactivo Mn – 1A al recipiente y mezclar.

Añadir 4 gotas de reactivo Mn – 2A dejar en reposo 2 minutos.

Añadir 4 gotas de reactivo Mn – 3A y esperar 5 minutos que reaccione.

Calculo: Lectura Directa (mg/L).

▫ *Determinación de la Conductividad Eléctrica* ⁽²⁾

Fundamento del Método.

La conductancia específica es una medida de la capacidad de un agua para conducir la corriente eléctrica y está relacionada con la concentración total de sustancias ionizadas en un agua y con la temperatura a la que se hace la medición.

Especificaciones del Equipo:

Palintest Conductivity Meter and Micro 900

Water proof Conductivity Meter

Rangos :

0 –1999 us (agua natural y bebida)

Resolución: 0.1 μ s.

Potencia: 1000 Hz.

Procedimiento:

Se enciende el equipo de conductividad eléctrica. Se coloca en el rango 0 – 1999 μ s. (agua natural).

Introducir el electrodo en la muestra de agua proveniente de los manantiales.

Leer la lectura directamente. lavar el electrodo y apagar el equipo.

Calculo: Lectura directa en micro ohmnios (μs).

ANEXO 3

PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACIÓN MICROBIOLÓGICA

Análisis microbiológico del agua ⁽⁴⁾

Recolección :

- Frascos para recolección deben ser de vidrio y lavados con agua limpia y esterilizados.

Muestreo:

El frasco no se debe destapar hasta el momento del muestreo, no debe tocarse el tapón ni la boca del frasco y han de proteger de la contaminación, de preferencia llevar un mechero de alcohol.

Dejar un espacio de aire en el frasco para facilitar el mezclado de la muestra por agitación.

- Volumen muestra:

Debe ser suficiente de preferencia no menos de 100 ml.

- Identificación:

Muestras deben llevar datos completos de identificación :

Lugar de muestreo.

Hora de toma de muestra.

Fecha.

Nombre de la persona que realiza el muestreo.

- Preservación y almacenamiento:

El examen bacteriológico se debe iniciar después de la recolección.

El tiempo máximo no mayor de 24 horas.

El período entre la recolección y el examen deben ser cercana a la temperatura de original al momento del muestreo.

- Analisis:

El frasco de muestra se debe agitar unas 25 veces y se extraen porciones de 10 ml cada uno con pipeta estéril y se agrega al tubo de dilución.

Coliformes totales:

Método de los tubos múltiples de fermentación (NMP).

- Equipo y medios:

a) Estufa

b) Pipetas serológicas de 10 ml y 1 ml.

c) Tubos de fermentación primaria con volumen apropiado del medio de cultivo (caldo lactosado).

d) Tubos de fermentación secundaria con volumen apropiado del medio de cultivo (caldo lactosado, bilis verde brillante).

e) Asa metálica.

f) Campanas Durham.

g) Agar eosina azul de metileno.

Este método comprende 3 pruebas:

- prueba presuntiva.

- prueba confirmativa.
- prueba completa.

- Prueba presuntiva:

Caldo lactosado 10 ml inocular 5 tubos de fermentación primaria con 10 ml de muestra e incubar 35 – 37 °C. Observar a las 24 horas.

Si hay gas en las campanas de Durham que están dentro del tubo, si no hay, incubar hasta completar 48 ± 3 horas.

Registrar la presencia o ausencia de gas en el tubo sembrado, la formación de cualquier cantidad de gas dentro de las 48 ± 3 horas constituyen una prueba presuntiva (+).

La ausencia de formación de gas al cabo de 48 horas ± 3 horas de incubación constituye una prueba (-).

- Prueba confirmativa:

Coliformes Totales: Someter a la prueba confirmativa todos los tubos de fermentación primaria, que hayan presentado cualquier cantidad de gas, al cabo de 24 o 48 horas de incubación.

- mezclar bien el contenido de un tubo de fermentación primaria, ya sea por agitación cuidadosa o por rotación.
- Con el asa metálica pasar una pequeña porción de este contenido a un tubo de fermentación secundario (caldo lactosado con bilis y verde brillante) 10 ml.

Coliformes Fecales: incubar los tubos inoculados a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 ± 3 horas.

- La formación de gas en cualquier cantidad dentro de la campana de Durham que está dentro del medio; dentro de las 48 ± 3 horas, constituye una prueba confirmativa positiva.

- Prueba completa:

- De un tubo de fermentación secundaria, inocular con asa metálica una placa con medio de cultivo agar eosina azul de metileno (E.M.B.).
- Incubar estas placas a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.

Observar colonias:

- Nucleadas con o sin lustre metálicos.
- Opacas sin núcleos, mucoides.

Teñir por el método de Gram y examinar al microscopio.

Interpretación:

La presencia de gas en el tubo de fermentación y la presencia de bacterias no esporuladas, gram negativas. Se considera prueba completa satisfactoria de la presencia del grupo coliforme en la muestra examinada.

- la ausencia de gas en el tubo fermentación secundaria y la incapacidad para desarrollar bacterias no esporuladas gram negativas en una prueba negativa de coliformes.

