

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
UNIDAD CENTRAL  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE MEDICINA



**HALLAZGOS EN LA SALUD RELACIONADOS CON EL AGUA DISPONIBLE  
PARA CONSUMO HUMANO, EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO  
MORAZAN, CHALATENANGO DE ABRIL A JUNIO DE 2017**

Presentado por

Romero Monge, William Alexander

Rosales Marín, Ángel Omar

Rodríguez Rivera, Karla Elizabeth

Para Optar al Título de:

DOCTOR EN MEDICINA

**Asesor:**

Dr. Saúl Noé Valdez Avalos

SAN SALVADOR, OCTUBRE DE 2017

## INDICE

1. RESUMEN .....	iii
2. INTRODUCCION .....	iv
3. OBJETIVOS.....	vii
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	vii
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	vii
4. MARCO CONCEPTUAL .....	8
5. HIPOTESIS.....	64
6. DISEÑO METODOLOGICO .....	65
6.1 TIPO DE ESTUDIO .....	65
6.2 AREA Y PERIODO DE ESTUDIO .....	65
6.3 UNIVERSO Y MUESTRA.....	65
6.4 DEFINICION Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES .....	68
6.5 CRUCE DE VARIABLES .....	73
6.6 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCION, PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE DATOS .....	75
6.6.1 RECOLECCION DE DATOS .....	75
6.6.2 CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION .....	77
6.6.3 PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE LA INFORMACION.....	79
7. RESULTADOS.....	80
8. DISCUSIÓN .....	93
9. CONCLUSIONES .....	95
10. RECOMENDACIONES .....	97
11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	100
12. ANEXOS.....	104

## 1. RESUMEN

Se planteó el problema “**¿Cuáles son los hallazgos en salud relacionados con el agua disponible para consumo humano en el municipio de San Francisco Morazán, Chalatenango de abril a junio de 2017?**”. Investigación de tipo correlacional, se recolectó información mediante una guía de entrevista, aplicada a un universo de 626 viviendas, tomando a una persona por vivienda; calculando una muestra de 69 y 76 viviendas de la zona urbana y rural respectivamente, realizando EGH y analizando la calidad de agua de consumo humano en los laboratorios de ANDA; obteniendo como principales resultados que:

1. Deficiente concienciación de la población sobre la búsqueda de asistencia médica oportuna al haber sintomatología gastrointestinal, encontrando un predominio de parasitismo intestinal en el 70% de los EGH.
2. Se utilizan fuentes de agua que no garantiza ser aptas para consumo humano (ríos y quebradas), evidenciado en los análisis realizados en el laboratorio de control de calidad de ANDA, donde: en 2 de las muestras se identificó **Hierro Total** y en otra muestra **Arsénico** (metal pesado de alto riesgo sanitario), en niveles fuera de norma. Microbiológicamente el 87.5% de las muestras analizadas estaban contaminadas con **Coliformes fecales**, y el 75% con ***Escherichia coli***.

En conclusión, es necesario la instalación de un sistema de cloración tecnificado y capacitación del ente encargado del mantenimiento del mismo, así mismo, mejorar y promover hábitos higiénicos y promoción de salud, en pro de detener la cadena de transmisión feco-oral.

## 2. INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación se realizó por estudiantes egresados de la carrera de Doctorado en medicina, en diferentes sectores del municipio de San Francisco Morazán, departamento de Chalatenango. Con la finalidad de evaluar la calidad de agua disponible para consumo humano, en el periodo de abril a junio del presente año.

San Francisco Morazán, es un municipio que su población total es de 3,182 habitantes. Conformado por 8 cantones y 16 caseríos, con una extensión territorial de 97.12 kilómetros. Su población se dedica principalmente a labores agrícolas y ganaderas. En su perfil epidemiológico destaca que las primeras 3 causas de consulta son: Las enfermedades respiratorias agudas, las enfermedades diarreicas agudas y el parasitismo intestinal.

El agua disponible para consumo humano proviene de diferentes sistemas de captación y distribución de agua donde un mismo sistema abastece a 1 o más caseríos; respecto a la zona urbana, la Alcaldía Municipal es la encargada de administrar y garantizar la potabilización del recurso, a la fecha no existe otro ente regulador.

En el marco de los objetivos para el desarrollo sostenible, impulsados por la OMS (Organización Mundial de la Salud), establece: **Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.**

En ese ámbito y con el antecedente que el 99% de las aguas superficiales de El Salvador se encuentran contaminadas; cobra importancia sanitaria el investigar la calidad de agua disponible para consumo humano en una de las zonas declaradas de extrema pobreza del país (San Francisco Morazán), y las posibles implicaciones en salud que puede estar ocasionando a la población del municipio;

donde no hay estudios previos que indiquen que las fuentes de agua sean aptas para el consumo humano.

Por tanto se realizó un estudio de tipo correlacional, donde se relacionó la calidad de agua disponible para consumo humano y su implicación sanitaria en los habitantes del municipio; con un universo de 626 viviendas, que por fórmula matemática se tomaron 69 muestras para la zona urbana y 76 muestras para la zona rural, utilizando muestreo de tipo probabilístico aleatorio simple, donde se aplicó un instrumento de tipo guía de entrevista a una persona (mayor de edad) por vivienda; así mismo a cada persona entrevista se le solicito entregar una muestra de heces para envío y análisis en un laboratorio clínico, ubicado en el municipio de Nueva Concepción, Chalatenango; con el apoyo del personal que labora en la UCFSI San Francisco Morazán, en específico los promotores de salud, quienes previa capacitación, colaboraron en la recolección de información y de las muestras de heces.

Además, se seleccionaron 8 asentamientos humanos con diferentes sistemas de abastecimiento de agua para recolectar muestras de los mismo, recolectadas con apoyo del Inspector de Saneamiento Ambiental de la UCSFI San Francisco Morazán y posteriormente se enviaron al laboratorio de control de calidad de ANDA, para su análisis FISICO-QUIMICO Y MICROBIOLOGICO.

Entre los principales hallazgos se destaca que la población del municipio es joven-adulta principalmente con predominio del sexo femenino. Así mismo, existe un bajo nivel de escolaridad con tendencia a dedicarse a las labores domésticas por la mayoría de la población.

Respecto a la salud de la población se evidencia que existe riesgo sanitario por el predominio de parasitismo intestinal, principalmente de protozoarios como *Entamoeba histolytica* y *Giardia lamblia*, provocando en buena la parte de la

población manifestaciones clínicas, sin embargo, es deficiente la concienciación respecto a la búsqueda de asistencia médica oportuna.

El agua utilizada por la mayoría de la población proviene de la administrada por la Alcaldía Municipal, y fuentes superficiales (ríos y quebradas), donde a la primera se le brinda tratamiento mediante la cloración, y la segunda no garantiza un adecuado tratamiento previo ingesta.

En este rubro se analizó el perfil FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO, de 8 fuentes diferentes que abastecen a los cantones y caseríos, encontrando principalmente que está contaminada y no es apta para consumo humano donde se identificaron en 2 de las 8 muestras **Hierro Total** en niveles fuera de norma, en otra muestra se identificó **Arsénico** (Metal pesado de alto riesgo sanitario) en niveles fuera de norma. Respecto al análisis microbiológico el 87.5% de las muestras analizadas estaban contaminadas con **Coliformes fecales**, y el 75% con ***Escherichia coli***.

Por lo tanto, es necesario mejorar y garantizar una adecuada calidad de agua para consumo humano para los habitantes del municipio, a través de la instalación de un sistema de cloración tecnificado en las zonas de captación y capacitación de los entes responsable de su mantenimiento. Además, ante el predominio de parasitismo intestinal es necesario realizar una desparasitación preventiva de la mayor parte del municipio con el apoyo de organismos gubernamentales y ONG's para prevenir futuras complicaciones. Y, por último, pero no menos importante promover hábitos higiénicos saludables que prevengan y detengan la cadena de transmisión feco-oral.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Describir los hallazgos en la salud relacionados con el agua disponible para consumo humano en el municipio de San Francisco Morazán, Chalatenango de abril a junio de 2017

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✚ Describir el perfil epidemiológico de la población en estudio del municipio de San Francisco Morazán, en el departamento de Chalatenango.
- ✚ Identificar las manifestaciones clínicas presentes en los habitantes, según el agua que utilizan para consumo humano y su relación con resultado de Examen General de Heces.
- ✚ Describir las fuentes de agua de consumo humano disponibles en la población.
- ✚ Describir los diferentes tratamientos brindados al agua de consumo humano previo a su ingesta aplicados por la población de la zona urbana y rural.
- ✚ Determinar la calidad de agua disponible para consumo humano en la zona urbana y rural del municipio de San Francisco Morazán a través de su análisis físico-químico y microbiológico.

## 4. MARCO CONCEPTUAL

### **CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LAS AGUAS SUPERFICIALES**

#### **Organismos propios de las aguas superficiales<sup>1</sup>**

En las aguas superficiales se encuentra una amplia gama de organismos no perceptibles a simple vista. En condiciones normales, estos organismos permiten el desarrollo de los ciclos biológicos y químicos en el cuerpo de agua y no son necesariamente nocivos para la salud o para el tratamiento del agua.

Los organismos propios de las aguas superficiales están en permanente actividad y ninguno vive aislado. Su existencia depende del medio que los rodea. Se entiende por medio tanto el ambiente físico como los organismos con los cuales se convive. Todos forman parte de un ecosistema.

Un ecosistema es una unidad ecológica cuyos componentes básicos, fisicoquímicos y biológicos, operan juntos para producir una estabilidad funcional.

La supervivencia de los microorganismos propios de las aguas superficiales está ligada a la presencia de ciertos factores tales como temperatura, horas luz e intensidad luz, gas carbónico, nutrientes, minerales, entre otros, y precisamente la contaminación del agua altera dichos factores debido a la introducción de sustancias extrañas al ecosistema.

En un ecosistema acuático, la luz solar regula la fotosíntesis y los organismos que tienen clorofila, como las algas, acumulan energía que utilizan para su sostenimiento, crecimiento y reproducción.

---

<sup>1</sup> Tomado de Millipore. Microbiología de aguas. Mora, D. 1996

Este grupo de organismos son los productores primarios, su energía es transmitida a los animales herbívoros, como los Cladóceros, los Copépodos y los Rotíferos, que se alimentan de las algas y por ello se les conoce como *consumidores de primer orden*. Estos, a su vez, sirven de alimento para los consumidores de los órdenes sucesivos. De este modo, se forma una red alimenticia cuya diversidad aumenta con la organización y complejidad del ecosistema.

En las aguas superficiales existe un grupo de organismos que actúan en los procesos de biodegradación. Este grupo está conformado principalmente por bacterias y hongos. Estos organismos transforman la materia orgánica muerta en compuestos inorgánicos simples. La biodegradación de la materia orgánica favorece la autodepuración de las aguas, que se produce cuando la materia está constituida por sustancias que pueden ser biodegradadas por los microorganismos responsables de esta actividad biológica.

Los organismos que en forma normal se encuentran en las aguas superficiales son los siguientes:

**Algas.** Son plantas de organización sencilla, fotosintéticas. Presentan clorofila. Existen en formas unicelulares, coloniales y pluricelulares. La clasificación sanitaria de las algas está basada en sus características más saltantes y de fácil observación. Dicha clasificación considera los siguientes grupos: algas azul-verdes, algas verdes, diatomeas y algas flageladas.

En las aguas superficiales existe una diversidad de algas: flotantes, epifitas, litorales y bentónicas. Su reproducción guarda estrecha relación con la naturaleza de los distintos hábitats, caracterizados a su vez por diferentes factores ecológicos como la luz, la temperatura, los nutrientes como los nitratos y los fosfatos, el oxígeno, el anhídrido carbónico y las sales minerales.

El incremento anormal de las algas se produce por el exceso de nutrientes y cambios en la temperatura. Este fenómeno se conoce como *eutrofización* o *eutroficación* y tiene como consecuencia múltiples dificultades en el tratamiento y la desinfección del agua por la producción de trihalometanos y otras sustancias químicas que alteran el sabor y el olor del agua tratada.

Cuando las algas traspasan ciertos valores por unidad de volumen/valores que dependen de la especie de alga predominante, la temperatura del agua, el tipo de tratamiento, etcétera, causan problemas en las plantas de tratamiento. Estos problemas son los siguientes:

**Sabor y olor.** Se ha detectado que algunas algas producen olor a pescado, tierra y pasto, entre otros.

**Color.** La abundancia de las algas clorófitas produce un color verde en el agua; otras, como la *Oscillatoria rubens*, originan un color rojo.

**Toxicidad.** Algunos tipos de algas azul-verdes, actualmente denominadas *cyanobacterias*, causan disturbios gastrointestinales en los seres humanos.

**Corrosión.** Algas como la *Oscillatoria* pueden producir corrosión en las piezas o tubos de concreto armado y en los tubos de acero expuestos a la luz. Algunas veces el agua influye en la modificación química del medio.

**Obstrucción de filtros.** Cuando la decantación no se realiza en forma adecuada, pueden pasar organismos al filtro y colmatarlo. Las diatomeas constituyen el grupo de algas que causa mayores problemas por poseer cubiertas de sílice que no se destruyen después de su muerte.

**Dificultad en la decantación química.** Existen algunos tipos de Cyanobacterias que, al envejecer, forman bolas de aire en su citoplasma. Los flósculos de hidrógeno de aluminio aglutinan estas algas sin decantar y causan problemas.

**Alteración del pH.** Esta alteración se produce debido al consumo de CO<sub>2</sub> con precipitación de CaCO<sub>3</sub>, lo que aumenta el pH.

El control de la densidad de algas en las fuentes de agua destinadas al abastecimiento debe efectuarse en forma preventiva. Se debe limitar el ingreso de nitrato y de fosfatos a la fuente. En el caso de que se requiera un proceso correctivo, este puede efectuarse mediante el uso de alguicidas como el sulfato de cobre, el cloro o una combinación de ambos.

En este proceso se deben tomar en cuenta muchos aspectos. Uno de ellos es la cantidad de alguicida que se debe emplear. Se debe utilizar una dosis que no afecte al hombre ni a los peces. La dosis debe calcularse según la especie predominante y su concentración. El sulfato de cobre es uno de los alguicidas más usados. Debe emplearse en dosis inferiores a una parte por millón.

**Bacterias.** Son seres de organización simple, unicelulares. Se distribuyen en una amplia variedad de sustratos orgánicos (suelo, agua, polvo atmosférico). La mayor parte de bacterias son beneficiosas para el ecosistema acuático. De ellas depende la mayor parte de las transformaciones orgánicas. Favorecen la autodepuración de los cuerpos de agua. Existe otro grupo de bacterias que son patógenas y que pueden causar enfermedades graves en el hombre y en los animales.

**Protozoarios.** Son organismos unicelulares, con una amplia distribución en los cuerpos acuáticos. La mayor parte de los protozoarios son beneficiosos, pues contribuyen a preservar el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Su incremento anormal puede ocasionar alteraciones en el ecosistema acuático; otro grupo de protozoarios son parásitos y pueden causar enfermedades en el hombre y en los animales.

**Rotíferos, Copépodos y otros Crustáceos.** Conforman los grupos predominantes del zooplancton de aguas superficiales y, al igual que los protozoarios, participan

en la cadena alimenticia de los ecosistemas acuáticos. El incremento anormal del zooplancton causa un desequilibrio en el sistema y trae consecuencias negativas como la disminución del oxígeno disuelto, alteraciones en el pH, en el olor y el color del agua, entre otras.

***Insectos.*** El agua constituye el hábitat de diversos insectos acuáticos que desarrollan su ciclo evolutivo en los diferentes estratos de la columna de agua. Otro grupo de insectos solo desarrolla parte de su ciclo evolutivo en el agua, y en sus estadios larvarios y como huevos conforman el zooplancton en forma temporal.

Los grupos de organismos antes mencionados están en permanente actividad dentro del cuerpo de agua, pero ninguno vive aislado. Su existencia depende del medio, definido tal como vimos anteriormente. Como puede observarse, los factores que intervienen en los ecosistemas de aguas superficiales son múltiples. Se considera que la calidad del agua superficial es muy variable y necesita caracterizarse durante un periodo determinado para definir los aspectos que deben considerarse en el tratamiento y los parámetros que servirán para el control del mismo.

En conclusión, la presencia de los organismos de vida libre en condiciones normales es beneficiosa para las aguas superficiales. Se convierte en un problema cuando su concentración y composición alteran la calidad del agua y se presentan dificultades para el uso y tratamiento del recurso hídrico.

A nivel mundial, el 80% de las enfermedades infecciosas y parasitarias<sup>2</sup> gastrointestinales y una tercera parte de las defunciones causadas por éstas se

---

<sup>2</sup> Tomado de. INFECCIONES GASTROINTESTINALES. TIPOS, DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO. VOL 23.

deben al uso y consumo de agua insalubre. La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios son algunas de las razones por las que la diarrea continúa representando un importante problema de salud en países en desarrollo.

El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos. Los organismos transmitidos por el agua habitualmente crecen en el tracto intestinal y abandonan el cuerpo por las heces.

Dado que se puede producir la contaminación fecal del agua (si ésta no se trata adecuadamente) al consumirla, el organismo patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador. Como el agua se ingiere en grandes cantidades, puede ser infecciosa aun cuando contenga un pequeño número de organismos patógenos. Los microorganismos patógenos que prosperan en los ambientes acuáticos pueden provocar cólera, fiebre tifoidea, disenterías, poliomiéлитis, hepatitis y salmonelosis, entre otras enfermedades.

El agua y alimentos contaminados tienen una gran importancia en la transmisión de patógenos causantes del síndrome diarreico, por lo que se hace necesario tener estrategias que permitan un manejo adecuado de ella.

La OMS calcula que la morbilidad (número de casos) y mortalidad (número de muertes) derivadas de las enfermedades más graves asociadas con el agua se reduciría entre un 20 y un 80 por ciento, si se garantizara su potabilidad y adecuada canalización.

El agua hace posible un medio ambiente saludable, pero, paradójicamente, también puede ser el principal vehículo de transmisión de enfermedades. Las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades producidas por el "agua sucia" las causadas por el agua que se ha contaminado con desechos humanos, animales o químicos. Mundialmente, la falta de servicios de

evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es la causa de más de 12 millones de defunciones por año.

Se estima que 3.000 millones de personas carecen, por ejemplo, de servicios higiénicos. Más de 1.200 millones de personas están en riesgo porque carecen de acceso a agua dulce salubre. En lugares que carecen de instalaciones de saneamiento apropiadas, las enfermedades transmitidas por el agua pueden propagarse con gran rapidez.

Esto sucede cuando excrementos portadores de organismos infecciosos son arrastrados por el agua o se lixivian hasta los manantiales de agua dulce, contaminando el agua potable y los alimentos. La magnitud de la propagación de estos organismos infecciosos en un manantial de agua dulce determinado depende de la cantidad de excremento humano y animal que éste contenga.

Dado que se puede producir la contaminación fecal de los abastecimientos de agua, si el agua no se trata adecuadamente, el patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador, al consumirla.

Las enfermedades diarreicas<sup>3</sup>, las principales enfermedades transmitidas por el agua, prevalecen en numerosos países en los que el tratamiento de las aguas residuales es inadecuado. Los desechos humanos se evacúan en letrinas abiertas, canales y corrientes de agua, o se esparcen en las tierras de labranza.

Según las estimaciones, todos los años se registran 4.000 millones de casos de enfermedades diarreicas, que causan 3 a 4 millones de defunciones, sobre todo entre los niños. El uso de aguas residuales como fertilizante puede provocar epidemias o enfermedades como el cólera.

---

<sup>3</sup> Tomado de- Organización Mundial de la Salud, Guías para la calidad del agua potable, Ginebra, 1, 195, (1995).

Estas enfermedades pueden incluso volverse crónicas en lugares donde el suministro de agua limpia son insuficientes. A principios de los años noventa, por ejemplo, las aguas residuales sin tratar que se utilizaban para fertilizar campos de hortalizas ocasionaron brotes de cólera.

### **Contaminación microbiológica del agua<sup>4</sup>**

Las afecciones que se propagan por el agua se conocen como "enfermedades transmitidas por el agua". Sus agentes patógenos son biológicos, más que químicos, y los males que provocan casi siempre son contagiosos. Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos, que se transmiten en las heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales. De forma que estas enfermedades se suelen contraer al ingerirlos en forma de agua o de alimentos, contaminados por esas heces (vía fecal-oral).

Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen muchos tipos de microorganismos tales como: bacterias, virus, protozoos y, en ocasiones, helmintos (lombrices), todos ellos muy diferentes en tamaño, estructura y composición.

### **Bacterias transmitidas por el agua**

*Shigellae dysenteriae*, que causa la disentería (diarrea sangrante), una enfermedad que se manifiesta con fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones.

Esta enfermedad puede causar epidemias de gran magnitud, con altísimos índices de mortalidad, como la que se registró en América Latina entre 1969 y 1973, que causó más de 500 mil enfermos y 9 mil muertos.

---

<sup>4</sup> Tomado de "Biology of microorganismos". Prentice-Hall international, Inc.

***Salmonella typhi***<sup>5</sup>, es un bacilo que causa la fiebre tifoidea, una enfermedad sistémica grave que puede dar lugar a hemorragia o perforación intestinal. Aunque el agente de la fiebre tifoidea puede transmitirse también por alimentos contaminados y por contacto directo con personas infectadas, la forma más común de transmisión es a través del agua.

La fiebre tifoidea ha sido prácticamente eliminada de muchas partes del mundo, principalmente como resultado del desarrollo de métodos efectivos para tratar el agua.

*Salmonella spp.*, agente de salmonelosis, enfermedad más frecuente que la fiebre tifoidea, pero generalmente menos severa.

*Vibrio cholerae*, agente etiológico del cólera, se transmite habitualmente a través del agua. Sin embargo, también puede transmitirse por consumo de mariscos u hortalizas crudas.

La enfermedad ha sido prácticamente eliminada en los países desarrollados gracia a la eficaz potabilización del agua.

*Escherichia coli*, generalmente las cepas de *E. coli* que colonizan el intestino son comensales, sin embargo, dentro de esta especie se encuentran bacterias patógenas causantes de una diversidad de enfermedades gastrointestinales.

Dentro de los *E. coli* patógenos se incluyen: *E. coli* enteropatógeno, *E. coli* enterotoxigénico, *E. coli* enteroinvasivo, *E. coli* enterohemorrágico, *E. coli* enteroadherente, *E. coli* enteroagregativo.

---

<sup>5</sup> Tomado de. MICROBIOLOGÍA, PATOGÉNESIS, EPIDEMIOLOGÍA, CLÍNICA Y DIAGNÓSTICO DE LAS INFECCIONES PRODUCIDAS POR Salmonella. MVZ-CÓRDOBA 2002; 7:(2), 187-200

<b>Bacterias</b>	<b>Fuente</b>	<b>Periodo de incubación</b>	<b>Duración</b>	<b>Síntomas clínicos</b>
Salmonella typhi	Heces, orina	7 - 28 días (14)	5 - 7 días (semanas – meses)	Fiebre, tos, náusea, dolor de cabeza, vómito, diarrea
<i>Salmonella sp.</i>	Heces	8 - 48 horas	3 - 5 días	Diarrea acuosa con sangre
<i>Shigellae sp.</i>	Heces	1 - 7 días	4 - 7 días	Disentería (diarrea con sangre), fiebres altas, Síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones.
<i>Vibrio cholerae</i>	Heces	9 - 72 horas	3 - 4 días	Diarrea acuosa, vómito, deshidratación
<i>V. cholerae</i> No.-01	Heces	1 - 5 días	3 - 4 días	Diarrea acuosa
<i>Eschericia coli enterohemorrágica</i> O157:H7	Heces	3 - 9 días	1 - 9 días	Diarrea acuosa con sangre y moco, dolor abdominal agudo, vómitos, no hay fiebre
<i>Eschericia coli enteroinvasiva</i>	Heces	8 - 24 horas	1-2 semanas	Diarrea, fiebre, cefalea, mialgias, dolor abdominal, a veces las heces son mucosas y con sangre
<i>Eschericia coli enterotoxigénica</i>	Heces	5 - 48 horas	3 - 19 días	Dolores abdominales, diarrea acuosa, fiebre con escalofríos, náusea, mialgia
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Heces	1- 11 días (24-48 horas)	1 - 21 días	Dolor abdominal, diarrea con moco, sangre, fiebre.
<i>Campylobacter jejuni</i>	Heces	2 - 5 días (42 - 72 horas)	7 - 10 días	Diarrea, dolores abdominales, fiebre y algunas veces heces fecales con sangre, dolor de cabeza
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Heces	20 - 24 horas	1 - 2 días	Fiebre, escalofríos, dolor abdominal, náusea, diarrea o vómito
<i>Aeromonas sp.</i>	Heces	Desconocido	1 - 7 días	Diarrea, dolor abdominal, náuseas, dolor de cabeza y colitis, las heces son acuosas y no son sanguinolentas

## Virus relacionados con brotes de afecciones transmitidas por el agua<sup>6</sup>

Entre ellos, se encuentran los virus de la hepatitis A y E, los enterovirus, los adenovirus y los rotavirus, una de las principales causas de la gastroenteritis infantil. Los virus adquieren una importancia especial para la salud pública, ya que se evacuan en gran cantidad a través de deposiciones de individuos infectados (*Tabla 2*)

Virus	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
Enterovirus (Poliovirus 1, 2, 3, Cocksackie A y B, Echovirus).	Heces	3 - 14 días (5 - 10)	Variable	Gastrointestinales (vómitos, diarrea, dolor abdominal y hepatitis). encefalitis, enfermedades respiratorias, meningitis, hiperangina, conjuntivitis
Astrovirus	Heces	1 - 4 días	2 - 3 días	Nausea, vómito, diarrea, dolor abdominal, fiebre
Virus de la Hepatitis A (VHA)	Heces	15 - 50 días (25 - 30)	1 - 2 semanas hasta meses	Cansancio, debilidad muscular, síntomas gastrointestinales como pérdida de apetito, diarrea y vómito, o síntomas parecidos a la gripe como dolor de cabeza, escalofríos y fiebre, sin embargo, los síntomas más llamativos de esta enfermedad son la ictericia, las heces pálidas y la coloración intensa de la orina. A diferencia de los adultos, en niños se presentan signos más atípicos y síntomas gastrointestinales como náusea, vómito, dolores abdominales y diarrea.
Virus de la Hepatitis E (VHE)	Heces	15 - 65 días	Similar a VHA	Similar a lo descrito para VHA
Rotavirus (Grupo A)	Heces	1 - 3 días	5 - 7 días	Gastroenteritis con náusea y vómito
Rotavirus (Grupo B)	Heces	2 - 3 días	3 - 7 días	Gastroenteritis
Calicivirus	Heces	1 - 3 días	1 - 3 días	Gastroenteritis
Virus Norwalk-like	Heces	1 - 2 días	1 - 4 días	Diarrea, nausea, vómito, dolor de cabeza, dolor abdominal

<sup>6</sup> Tomado de. Virus en aguas de consumo Hig. Sanid. Ambient. 6: 173-189 (2006)

## Protozoos de importancia en el agua<sup>7</sup>

Giardia lamblia, agente de giardiasis, una forma de gastroenteritis aguda. Es un protozoo flagelado que se transmite a las personas principalmente por el agua contaminada. Las células del protozoo, trofozoítos, producen una forma de reposo llamada “quiste” y ésta es la forma primaria transmitida por el agua.

Cryptosporidium, agente de cryptosporidiosis caracterizada por una fuerte diarrea, autolimitada en individuos normales. En 1994, se reportaron 400 mil casos de cryptosporidiosis en Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos.

Parásitos	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
Giardia lamblia	Heces	5 - 25 días	Meses - años	Puede ser asintomática (hasta un 50%) o provocar una diarrea leve. También puede ser responsable de diarreas crónicas con mala absorción y distensión abdominal.
Cryptosporidium Parvum	Heces	1 - 2 semanas	4 - 21 días	Provoca diarrea acuosa, con dolor abdominal y pérdida de peso. Es un cuadro grave en un huésped comprometido y una infección oportunista en otros pacientes.
Entamoeba histolytica /Amebiasis	Heces	2 - 4 semanas	Semanas – meses	Dolor abdominal, estreñimiento, diarrea con moco y sangre
Cyclospora var. cayetanensis	Heces	3 - 7 días	Semanas - meses	Diarrea acuosa con frecuentes deposiciones, Náuseas, anorexia, dolor abdominal, fatiga, pérdida de peso, dolores musculares, meteorismo, y escasa fiebre.
Balantidium coli	Heces	Desconocido	Desconocido	Dolor abdominal, diarrea con moco y sangre, pujo y tenesmo
Dracunculus medinensis	Larvas	8 - 14 meses	Meses	El parásito eventualmente emerge (del pie en el 90% de los casos), causando edema intenso y doloroso al igual que úlcera. La perforación de la piel se ve acompañada de fiebre, náuseas y vómitos.

<sup>7</sup> Tomado de Guidelines for Drinking Quality. Vol. 2. Health Criteria and Other Supporting Information. Pathogenic Agents. Ginebra: OMS.

### ***Endolimax nana***<sup>8</sup>

**Morfología:** trofozoíto, mide unos 10 μ y es de movimientos lentos. Es uninucleado. Núcleo con un endosoma de gran tamaño y sin cromatina periférica en la membrana nuclear. Quiste: oval, mide 8-10 μ. Posee 4 núcleos y no posee barras cromatoides.

**Epidemiología** Es de distribución mundial. Se localiza en ciego y colon de del hombre, otros primates y cerdo. La transmisión es fecal-oral, directa, de persona a persona o de animal a persona, o indirecta, por agua, alimentos, manos o utensilios contaminados. **Los quistes son sensibles a la desecación y a circunstancias extrínsecas desfavorables.**

Su prevalencia es en climas cálidos y húmedos donde la higiene personal es deficiente

**Diagnóstico:** búsqueda de trofozoítos y quistes en preparaciones húmedas para visión directa o en frotis teñidos con hematoxilina

### **Tratamiento**

No es patógena, por lo que no requiere tratamiento.

### **Profilaxis**

Al igual que sucede con otros protozoarios intestinales, la infección por *E. nana*. indica contaminación de alimentos y bebidas o mala higiene personal, el control solo se puede efectuar mediante higiene personal y colectiva .

---

<sup>8</sup> Beaver Paul Chester, Jung Rodney Clifton. **PARASITOLOGIA CLINICA**. 2 edicion capitulo 9. Pag 140-145.

## ***Entamoeba coli***

Morfología.

**Trofozoítos:** 15-50 $\mu$ , de movimientos lentos. Uninucleado, núcleo con cromatina nuclear periférica irregularmente distribuida, y cariosoma más bien excéntrico. Quiste: 15-22  $\mu$ . En su estado maduro posee 8 núcleos En él se observan cuerpos cromatoides en forma de bastón con extremos aguzados y una vacuola de glucógeno.

**Epidemiología** E. coli es de distribución mundial, Se localiza en el intestino grueso del hombre y otros primates. La transmisión es fecal-oral, directa, de persona a persona o de animal a persona, o indirecta, por agua, alimentos, manos o utensilios contaminados. Diagnóstico Diferencial con E. histolytica. Su detección tiene importancia epidemiológica, ya que es indicadora de contaminación fecal.

**Tratamiento.** No es patógena, por lo que no requiere tratamiento.

## **Recursos de Agua Existentes El Salvador ´**

Se basa profundamente en las fuentes de agua subterránea para su abastecimiento de agua, debido a que el agua superficial generalmente está severamente contaminada y por lo tanto no está procesada debidamente para el consumo humano.

En áreas urbanas, aproximadamente el 86 por ciento de la población tiene acceso a servicios de abastecimiento de agua y el 84 por ciento a servicios de sanitización.

En áreas rurales, aproximadamente 15 por ciento tiene acceso a servicios de abastecimiento y el 51 por ciento a servicios de sanitización. El abastecimiento de agua para las necesidades básicas del ser humano es un problema severo.

Enfermedades producidas por contaminación en el agua tales como la disentería (a menudo causada por agua contaminada) son la mayor causa de mortalidad infantil en el país. Suficiente abastecimiento de agua subterránea potable dulce proveniente de pozos y vertientes está disponible a lo largo de todo El Salvador. Pozos poco profundos son más susceptibles de estar contaminados.

### **Recursos de Agua Superficial <sup>9</sup>**

Aunque los recursos de agua superficial son abundantes, ellos no están distribuidos en forma uniforme, dependen de la estación del año y generalmente están contaminados. Durante la estación seca que va desde diciembre a abril, muchos arroyos cesan de fluir.

### **Precipitación y Clima**

El clima tropical dominante resulta en un promedio de precipitación anual de 183 centímetros (72 pulgadas). La precipitación incrementa junto con la elevación, variando desde alrededor de 150 centímetros (59 pulgadas) en las planicies costeras, hasta tanto como 230 centímetros (90 pulgadas) en las cadenas montañosas. Acerca del 95 por ciento de la lluvia ocurre entre los meses de mayo a octubre, con sequías severas y frecuentes que ocurren durante los meses más secos. El Salvador tiene una estación seca, una estación lluviosa, una estación transitoria de lluviosa a seca y una estación transitoria de seca a lluviosa.

Los caudales de los ríos son altos durante la estación lluviosa de junio a octubre y bajos durante la estación seca de diciembre a abril. Las estaciones de transición de lluviosa a seca y de seca a lluviosa ocurren en mayo y noviembre. La

---

<sup>9</sup> Tomado de. OPS, OMS. 1996. La calidad del agua potable en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química. Washington D. C.: Ilsi Press.

vegetación densa del país y el clima tropical caliente crean una alta tasa de evapotranspiración durante todo el año

### **Recursos de Agua Subterránea**

Suficiente abastecimiento de agua subterránea dulce está disponible a través de la mayor parte de El Salvador con vertientes y pozos profundos los cuales proveen las fuentes más seguras e importantes de agua subterránea para el abastecimiento de agua para uso doméstico, municipal, agrícola e industrial. Aunque el agua subterránea es generalmente más segura que los abastecimientos de agua superficial que no ha sido tratada, muchos acuíferos de poca profundidad están siendo biológicamente contaminados, principalmente debido a la mala disposición de los desperdicios. Para entender el funcionamiento hidrológico del agua subterránea y donde se pueden encontrar estas fuentes de agua, una pequeña definición y características de un acuífero se presentan a continuación con los atributos específicos del país.

### **Definición y Características de los Acuíferos**

Los abastecimientos de agua subterránea provienen de los acuíferos, los cuales son nacimientos saturados, formaciones, o grupo de formaciones que producen agua en cantidades suficientes como para que estas sean económicamente útiles. Para ser un acuífero, una formación geológica debe contener poros u orificios abiertos (intersticios) que estén llenos con agua y estos intersticios deben ser lo suficientemente grandes para que transmita el agua hacia los pozos a un ritmo útil. Un acuífero puede ser imaginado como una gran reserva natural o sistema de reservas en roca cuya capacidad es el volumen total de los intersticios que están llenos con agua.

El agua subterránea puede ser encontrada en un cuerpo continuo o en varias rocas distintas o capas de sedimentos dentro del diámetro del hueco en cualquier ubicación.

Existe en muchos tipos de ambientes geológicos, tales como poros intrínsecos en grava y arena no consolidada, fracturas refrigerativas en basaltos, cavidades de solución en piedras pómez, juntas sistemáticas y fracturas en roca metamórfica e ígnea, por nombrar algunas. Desafortunadamente, la masa de las rocas es raramente homogénea y los tipos de roca adyacente pueden variar significativamente en su habilidad para almacenar agua.

En ciertas masas de roca, tales como algunos tipos de sedimentos consolidados y roca volcánica, el agua no puede fluir a través de la masa; el único flujo de agua suficiente para producir cantidades de agua utilizables, puede que fluya a través de fracturas o uniones en la roca. Por lo tanto, si un hueco es perforado en una ubicación en particular y la base de la formación de la roca sólida es muy compacta (consolidada con poca o ninguna permeabilidad primaria) para transmitir agua a través de los espacios de los poros y el lecho de la roca no está fracturado, entonces poca o nada de agua será producida.

Por otra parte, si un hueco es perforado en una ubicación donde el lecho de la roca es compacto y la roca está altamente fracturada con agua fluyendo a través de las fracturas, entonces el hueco podría producir agua suficiente como para ser económicamente útil. Ya que es difícil o imposible de predecir las ubicaciones precisas que tengan fracturas en el lecho de la roca, análisis fotográficos pueden ser empleados para asistir en la selección más adecuada para la ubicación de pozos.

La ubicación correcta de un pozo en una fractura no sólo representará una alta producción en contraste con una baja producción de agua, sino que presentará la diferencia potencial entre producir agua y no producirla en absoluto. La verificación en terreno de probables fracturas incrementará aún más la oportunidad de ubicar pozos en los lugares correctos que por ende sean buenos productores de agua.

## **Acuíferos Aluviales**

Los acuíferos más accesibles que producen de moderada a grandes cantidades de agua subterránea son acuíferos no consolidados de la planicie costera y acuíferos aluviales en las partes bajas de los valles de arroyos perennes. Los acuíferos aluviales fuera de la planicie costera a lo largo de grandes arroyos perennes son usualmente menores que 30 metros de grosor.

Aluviones no consolidados tienen buenos índices de recarga, absorbiendo del 5 al 20 por ciento de la precipitación disponible y con valores que varían entre los 200 y 500 metros cuadrados por día, que pueden suministrar a pozos municipales y de irrigación. Sin embargo, hay que tener precaución ya que el agua de poca profundidad en este tipo de acuíferos es también altamente susceptible a la contaminación que prevalece a través de todo El Salvador.

## **Calidad del Agua en El Salvador. <sup>10</sup>**

El agua y la salud son dos dimensiones inseparables de la población. La disponibilidad de agua de calidad es una condición indispensable y más que cualquier otro factor, la calidad del agua condiciona la calidad de la vida (OMS-OPS, 1999). La contaminación disminuye significativamente la disponibilidad del agua. Los vertidos residuales domésticos e industriales, así como la disposición inadecuada de desechos sólidos en diversos territorios del país y la aplicación de agroquímicos, pesticidas y plaguicidas en la agricultura son fuentes permanentes de contaminación del agua. Por ello, la reducción de la contaminación exige una cultura por el ciclo de uso del agua, que hace referencia al uso, reciclaje y reutilización del agua para los diversos usos, sin que ello comprometa la salud

---

<sup>10</sup> Nelson Cuéllar. **LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN EL SALVADOR**. PROGRAMA SALVADOREÑO DE INVESTIGACIÓN SOBRE DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE. N. 43. 2001.

humana, ni las condiciones de reproducción de los ecosistemas. **En El Salvador, el agua que se utiliza, generalmente se descarga sin tratamiento previo, cuya contaminación es del 99%.**

### **Los esfuerzos del pasado por monitorear la contaminación del agua**

Entre 1971 y 1972, ANDA realizó un análisis de la calidad de aguas superficiales con el objeto de identificar fuentes potenciales de abastecimiento de agua potable. Para entonces, los resultados reflejaron la necesidad de atender de manera inmediata los problemas de contaminación de los ríos **Acelhuate, Suquiapa, Sucio, Lempa (desde Río Suquiapa, aguas abajo hasta el cruce de la carretera panamericana) y el Río Grande de San Miguel** en el tramo adyacente a la ciudad de San Miguel (Rubio, 1993).

Desde entonces ya se observaba la relación directa entre el proceso de urbanización y sus efectos sobre la calidad del recurso hídrico, sobre todo en las aguas superficiales de las diversas cuencas hidrográficas del país. Entre 1976 y 1978 el Servicio Hidrológico de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables generó información sobre la calidad físico-química y bacteriológica de los principales cuerpos de agua. Como primer paso, se elaboró una norma para la clasificación, con el objeto de utilizarla como patrón general para definir o indicar de manera preliminar la factibilidad de que un río fuese utilizado para uno o varios usos, o para indicar su grado de contaminación. La aplicación de la norma elaborada reflejó que los principales ríos del país presentaban serios problemas de contaminación, limitando su uso potencial no solo para consumo humano, sino también para riego agrícola, piscicultura y abrevaderos

### **Los escasos esfuerzos recientes por estudiar la contaminación del agua**

A pesar que la contaminación del agua constituye uno de los principales problemas ambientales, el Estado salvadoreño ha perdido buena parte de la capacidad para monitorear y dar seguimiento a este problema. En la década de

los ochenta, se debilitaron los esfuerzos sistemáticos de monitoreo de la calidad del agua y los estudios específicos disponibles son limitados en términos de alcance y duración, en tanto que los problemas de contaminación se han ampliado y profundizado, tal como lo señalaba el Banco Mundial en 1994 (World Bank, 1994).

Los esfuerzos recientes por analizar la calidad del agua han estado menos vinculados a las instituciones gubernamentales, como ocurría en décadas pasadas. Los pocos estudios existentes resaltan el avance del problema de contaminación del agua en el país.

Las fuentes de contaminación del agua Los distintos estudios y análisis de la calidad del agua reiteran que los desechos domésticos, industriales, agroindustriales y agrícolas son las principales fuentes de contaminación.

Impactos de la contaminación del agua Los impactos socioeconómicos de la contaminación del agua son variados. Aunque la información es escasa, existen indicadores que evidencian los impactos directos a la salud humana derivados de la contaminación del agua.

El país cuenta con un conjunto no despreciable de iniciativas y propuestas para avanzar en la gestión de la contaminación del agua, así como un marco y conjunto de instrumentos normativos que se sigue ampliando.

La contaminación del agua causada por los desperdicios humanos, residuos agro-industriales, y otras basuras sólidas, es un problema crítico a través de El Salvador. Esta contaminación aumenta los índices de mortalidad infantil y otros indicadores de la salud pública que también se ven desmejorados.

También tiene un impacto negativo sobre los ríos, lagos y agua subterránea. Mucha del agua superficial está contaminada y no está procesada para el abastecimiento de agua, así que el agua subterránea de pozos profundos y

manantiales es por lo tanto en la que recae el uso del agua doméstica, industrial, agrícola y agua para abastecimiento municipal.

Aunque la calidad del agua subterránea es generalmente buena, la contaminación biológica y química es común en acuíferos aluviales de poca profundidad que se encuentran cerca de lugares poblados. Pobre calidad del agua, salobre o agua salina, también ocurre naturalmente cerca de las áreas geotermales y costeras. La intrusión de agua salada contamina los pozos en las regiones costeras y en las desembocaduras de los ríos a lo largo de la costa. Información específica acerca de la calidad del agua no está disponible, pero varios oficiales entrevistados para esta evaluación informaron al grupo que en su gran mayoría el agua superficial ha experimentado importantes incrementos en los niveles de contaminantes en las dos décadas pasadas.

### **Calidad del Agua Superficial**

La principal fuente de contaminación del agua de superficie proviene de los desechos no tratados de desperdicios domésticos e industriales. La contaminación química proveniente del uso de pesticidas esta también diseminada, particularmente en áreas donde se cultiva algodón en las planicies costeras del sur este. Dichlorodiphenyl trichloroethane (DDT) es un pesticida común en El Salvador

### **Calidad del Agua Subterránea**

Aunque la calidad del agua subterránea es generalmente buena, excepciones notables existen para áreas de aguas salina o salobre cerca de la costa, junto a los manglares o cerca a áreas geotermales. La contaminación de acuíferos de poca profundidad por patógenos debido a la disposición indebida de desperdicios animales y humanos es un problema común. Esto es en parte debido las pocas mejoras que se dan en el diseño de sitios para disposición sanitaria. También pozos domésticos pequeños están a menudo ubicados muy cerca de letrinas.

Programas amplios de alerta pública pueden mejorar esta situación. La contaminación de acuíferos de poca superficie afecta a áreas cercanas incluso a las villas más pequeñas o caseríos. Debido a que la superficie de la tabla de agua generalmente sigue los contornos del terreno, el problema de la contaminación generalmente afecta a áreas que se encuentran en las partes bajas de las áreas pobladas

### **CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS AGUAS.**

En el estudio de las aguas se analizan tanto características físicas como químicas que ayudan a determinar la calidad y aptitud de uso de las aguas. A continuación, se describen dichas características, cuyos valores típicos mostrados son tomados de Custodio-Llamas, 1996, páginas de la 207 a 213.

#### ***CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS AGUAS.<sup>11</sup>***

##### **Temperatura.**

La temperatura afecta a la viscosidad del agua, capacidad de absorción de gases, etc. Su determinación exacta es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de oxígeno disuelto, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura. En nuestro medio es habitual expresar la temperatura en la escala de grados Celsius (°C).

Las aguas subterráneas tienen una temperatura muy poco variable, y responde a la media anual de las temperaturas atmosféricas del lugar, incrementando en el producto de la profundidad por el gradiente geotérmico de 1 °C cada 33 m

---

<sup>11</sup> Tomado de. EVALUACIÓN DE RECURSOS de AGUA de LA REPUBLICA de EL SALVADOR. Distrito de Mobile y Centro de Ingeniería Topográfica. October 1998.

como media, algo mayor en zonas tectónicas y volcánicas y menor en grandes cuencas sedimentarias.

Esta propiedad debe medirse en el campo lo antes posible para evitar calentamientos o enfriamientos. Es preciso asegurarse de que la muestra representa la temperatura del agua del lugar, y no la interior de una captación tubería o depósito.

### **Conductividad Eléctrica, CE.**

La conductividad eléctrica es la capacidad de un agua para conducir electricidad; se mide como la conductividad que existe entre dos electrodos paralelos de 1 cm<sup>2</sup> de superficie cada uno y separados 1 cm situados en el seno del agua a medir de forma que el medio se pueda considerar infinito. Análogamente se define como el inverso de la Resistividad Eléctrica. Es más recomendable el uso de la conductividad ya que crece paralelamente a la salinidad.

La conductividad crece con la temperatura y es preciso tomar una temperatura de referencia, que suele ser 18 °C o 25 °C. Se estima que aumenta 2% por cada °C que se incrementa. También la conductividad crece con el contenido de iones disueltos. A una misma temperatura, en la conductividad de un agua influye no sólo la concentración iónica, sino el tipo de iones (carga eléctrica, estado de disociación, movilidad, etc.). Por lo que aguas con alta conductividad pueden causar corrosión en el hierro y el acero de la tubería de los pozos.

La conductividad suele expresarse en microsiemens por cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) que es igual a unmicromho por cm ( $\mu\text{mho}/\text{cm}$  o  $\mu\Omega^{-1}/\text{cm}$ ). Los valores de conductividad varían entre 100 y 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 18°C para aguas dulces pudiendo llegar a más de 100000 con salmueras.

El agua del mar tiene alrededor de 45000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 18°C. En la toma de muestras es conveniente evitar el escape de gases y formación de precipitados, ya que disminuyen la conductividad.

### **Densidad, $\delta$ .**

Es la masa de un litro de agua; se mide en gramos/cm<sup>3</sup> (g/cm<sup>3</sup>). Esta propiedad varía con la temperatura y crece con la salinidad. Puede servir para estimar el contenido en sales minerales de las salmueras. Los valores de la densidad son de 1 g/cm<sup>3</sup> para aguas dulces y 1.025 para agua del mar, pudiendo llegar a 1.2 para las salmueras concentradas a 15.5 °C.

### **Color.**

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. Sus causas más comunes en el agua son la presencia de hierro (color rojizo) y manganeso (color negro) coloidal en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, raíces y otros, en diferentes estados de descomposición; y la presencia de taninos, ácido húmico (color amarillo) y algunos residuos industriales.

En el agua se reconocen dos tipos de color: El color verdadero (color de la muestra una vez que su turbidez ha sido removida) y el color aparente (este incluye el color de las sustancias en solución coloidales y el color debido al material suspendido); en general, el término color se refiere al color verdadero del agua. Este se determina normalmente en laboratorio utilizando como estándar una solución que contiene 1 g de tricloruro de cobalto ( $\text{Cl}_3\text{Co}$ ), 1.45 g de cloroplatinato de potasio ( $\text{Cl}_6\text{PtK}_2$ ), y 100 cc de cloruro de hidrógeno ( $\text{ClH}$ ) diluyendo el conjunto a 1 litro. Se mide en ppm de Pt-Co (Escala de Platino-Cobalto) o simplemente ppm de Pt y los valores son menores de 5 ppm Pt para aguas subterráneas anormalmente puede llegar hasta 100. El análisis debe

realizarse pronto, pues el color puede variar con el tiempo. Normalmente el color aumenta con el incremento del pH.

El color es desagradable en agua de bebida e indica a veces contaminación, por lo que la determinación del color es importante para evaluar las características del agua, la fuente del color y la eficiencia del proceso usado para su remoción.

### **Turbidez.**

La turbidez o turbiedad es una expresión del efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; es decir, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbidez en un agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limos, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y otros microorganismos.

Actualmente el método más usado para determinar la turbidez es el método nefelométrico en el cual se mide la turbidez mediante un nefelómetro y se expresan los resultados en unidades de turbidez nefelométrica (UTN). Con este método se compara la intensidad de la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia bajo las mismas condiciones de medida. Entre mayor sea la intensidad de la luz dispersada mayor será la turbidez.

La determinación de la turbidez es de gran importancia en aguas para consumo humano y en una gran cantidad de industrias. Los valores de turbidez sirven para determinar el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua.

## **Sabor y Olor.**

Los olores y sabores en el agua frecuentemente ocurren juntos y en general son prácticamente indistinguibles. Muchas pueden ser las causas de los olores y sabores en el agua; entre las más comunes se encuentran la materia orgánica en solución, ácido sulfhídrico, cloruro de sodio, sulfatos de sodio y magnesio, hierro y manganeso, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos y otros.

El sabor del agua es una determinación organoléptica subjetiva, de interés en agua potable. Las aguas con más de 300 ppm de cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) tienen gusto salado, las que tienen más de 400 ó 450 ppm de sulfatos ( $\text{SO}_4^{=}$ ) tienen gusto salado y amargo, las que tienen mucho dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) libre tienen gusto picante, etc.

La determinación del olor y el sabor en el agua es útil para evaluar la calidad de la misma y su aceptabilidad por parte del consumidor, para el control de los procesos de una planta y para determinar en muchos casos la fuente de posible contaminación. El ensayo para determinarlos se hace cualitativamente, en muestras seguras para el consumo humano. El método más usado consiste en determinar la relación de dilución a la cual el olor o el sabor son apenas detectables. El valor de dicha relación se expresa como número detectable de olor o sabor.

## **Sólidos totales disueltos, TDS (por sus siglas en inglés).**

Es un indicador de la salinidad del agua, midiendo las sales inorgánicas. En el Sistema

Internacional se acostumbra dar el resultado en miligramos por cada litro (mg/l). Los sólidos totales disueltos son más o menos equivalentes a los minerales disueltos en aguas de alta calidad.

Con las concentraciones de aniones y cationes se verifican y se validan los análisis químicos de muestras; para tal fin deben verificarse el equilibrio, por lo que la suma de miliequivalentes por litro de aniones debe ser igual a la de cationes.

### **Salinidad.**

Cuando el constituyente principal del agua es el cloruro de sodio y la concentración es alta, se dice que el agua es salina. La salinidad es el número de gramos de sal por cada litro de muestra; por ello se expresa en mg/l. Formalmente la salinidad se define como los sólidos totales en el agua cuando todos los carbonatos han sido convertidos en óxidos, todos los bromuros y yoduros han sido reemplazados por una cantidad equivalente de cloruros y toda la materia orgánica ha sido oxidada. Numéricamente es menor que los sólidos disueltos o residuo filtrable, y es un valor importante en aguas de mar, subterráneas y ciertos residuos industriales.

## ***CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FISICO-QUÍMICAS DEL AGUA.***<sup>12</sup>

### **Dureza.**

La dureza o título hidrotimétrico (TH) es la capacidad del agua para producir espuma; es decir, es la medida del consumo de jabón (detergente) del agua. Los minerales removidos por el jabón se vuelven espuma. Esta propiedad es causada por los iones metálicos divalentes, es decir los cationes de  $\text{Ca}^+$  y  $\text{Mg}^{++}$ . Esta propiedad es muy importante en acuíferos cársticos que tienen la característica de formarse en rocas carbónicas como la dolomita y la caliza, lo cual, hace que se diluyan rocas formando carbonatos y bicarbonatos.

---

<sup>12</sup> Tomado de. Tesis "CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA DE LA ZONA SUR DEL MUNICIPIO DE CHALATENANGO, LÍMITROFE CON EL EMBALSE CERRON GRANDE. Universidad de El Salvador 2013

La dureza se puede clasificar en dos grandes grupos: La carbonatada y la no carbonatada. La dureza carbonatada es también llamada temporal, porque se remueve con evaporación y precipitando el  $\text{Ca}^+$  y  $\text{Mg}^{++}$ ; ésta se mide en términos de carbonato de calcio (mg/l).

La dureza no carbonatada es igual a la diferencia entre la dureza total y la carbonatada; esta indica la cantidad de  $\text{Ca}^+$  y  $\text{Mg}^{++}$  combinados con sulfatos, cloruros, nitratos y algunas veces hierro; esta clase de dureza no se puede remover por evaporación.

Un agua se puede clasificar como dura o blanda según las normativas. Para efectos prácticos aguas con dureza menor de 50 mg/l son consideradas blandas, con dureza entre los 50 y 150 mg/l, son de uso no objetable y para durezas mayores de 150 mg/l se consideran duras. La concentración de carbonato de calcio es cinco veces mayor que la de carbonato de Magnesio.

Las aguas duras pueden causar incrustaciones de partículas en las paredes de pozos, poniéndolos fuera de funcionamiento. Existen problemas con los pozos perforados en rocas carbónicas porque la reducción de presiones causa la liberación de gas  $\text{CO}_2$  que, al reaccionar con el Magnesio y el Calcio, forman capas de carbonatos; esto hace que se produzcan pérdidas en la eficiencia, o el abandono del pozo en períodos inferiores a 3 años.

### **Alcalinidad.**

La alcalinidad del agua puede definirse como la capacidad del agua para neutralizar ácidos, para reaccionar con iones hidrógeno, para aceptar protones, o como la medida del contenido total de sustancias alcalinas ( $\text{OH}^-$ ). La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampona de un agua.

En el ablandamiento de un agua por métodos de precipitación, la alcalinidad es un dato necesario para el cálculo de la cantidad de cal y carbonato de sodio preciso para el proceso.

En aguas naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de compuestos: Bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. En algunas aguas es posible encontrar otras clases de compuestos (boratos, silicatos y fosfatos) que contribuyen a su alcalinidad; sin embargo, en la práctica la contribución de estos es insignificante y puede ignorarse.

La alcalinidad del agua puede determinarse por titulación con ácido sulfúrico 0.02 N y se expresa como mg/L de carbonato de calcio equivalente a la alcalinidad determinada. Los iones  $H^+$  procedentes de la solución 0.02 N de  $H_2SO_4$  neutralizan los iones de  $OH^-$  libres y los disociados por concepto del hidrólisis de carbonatos y bicarbonatos (Romero, 1996).

### **Acidez.**

La acidez de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, para reaccionar con iones hidroxilos, para ceder protones, o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas. Si el agua subterránea es ácida tendría que corroer las partes metálicas del pozo y del sistema de bombeo.

La determinación de la acidez es de importancia en ingeniería sanitaria debido a las características corrosivas de las aguas ácidas y al costo que supone la remoción y el control de sustancias que producen corrosión. El factor de corrosión en la mayoría de las aguas es el dióxido de carbono, especialmente cuando está acompañado de oxígeno, pero en residuos industriales es la acidez mineral. El contenido de dióxido de carbono es también un factor importante, por la presencia de iones  $H^+$  libres, por la presencia de acidez mineral proveniente de los ácidos fuertes como el sulfhídrico, nítrico, clorhídrico, etc., y por la hidrolización de sales de ácido fuerte y base débil (Romero, 1996).

La causa más común de acidez en aguas es el CO<sub>2</sub>, el cual puede estar disuelto en el agua como resultado de las reacciones de los coagulantes químicos usados en el tratamiento o de la oxidación de la materia orgánica, o por disolución del dióxido de carbono atmosférico. El dióxido de carbono es un gas incoloro, no combustible, 1.53 veces más pesado que el aire, ligeramente soluble en agua.

### **Potencial de Hidrógeno, pH.**

Este término es usado universalmente para referirse a la intensidad de la condición de acidez o alcalinidad de una solución; y se calcula con una expresión logarítmica. En el agua subterránea tiende a ser balanceado, pues en ella es difícil encontrar minerales libres. Se mide en una escala de 0 a 14, donde 7 es el límite de neutralidad. Valores de pH menores de 7 se consideran ácidos y mayores de 7 alcalinos. El pH se mide a través de sustancias, con aditamentos como el papel universal o el papel tornasol y con aparatos llamados pH-metros.

Cuando varía el pH del agua ya sea por bombeo para una extensión inferior, por cambios de temperatura o gases que se puedan escapar, al ser las propiedades químicas del agua subterránea muy sensibles con el ambiente, estas pueden afectar las rejillas de los pozos.

### **Demanda química de oxígeno, DQO.**

La demanda química de oxígeno es la capacidad de un agua para consumir oxidantes en procesos químicos; es decir, mide el contenido en materiales orgánicos oxidables y también otras sustancias que consumen oxígeno, tales como Fe<sup>++</sup>, Mn<sup>++</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, etc. La unidad de medida es ppm de O<sub>2</sub> tomado del permanganato de potasio (MnO<sub>4</sub>K), a veces del diacromato potásico (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>K<sub>2</sub>).

En agua con elevado contenido en Cl<sup>-</sup> se obtienen siempre valores elevados por interferencia, ya que parte del ion Cl<sup>-</sup> puede pasar a cloro libre. Los valores generalmente varían entre 1 y 5, hasta 15 ppm de O<sub>2</sub> en aguas no contaminadas;

valores elevados interfieren en ciertos procesos industriales y pueden explicar malos sabores en el agua de bebida.

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO.**

La demanda bioquímica de oxígeno es la medida de la cantidad de oxígeno necesario para eliminar la materia orgánica contenida en un agua mediante procesos biológicos aerobios. Comúnmente se refiere a 5 días (DBO5). Se mide en ppm de O<sub>2</sub> y es una medida importante de contaminación y debe referirse a un cierto tiempo (24 horas o 5 días).

Es de poco interés en Hidrogeoquímica pero muy importante en estudios de contaminación de aguas superficiales. Los valores en aguas subterráneas por lo general son menores a 1 ppm de O<sub>2</sub>, valores más elevados indican contaminación.

### **METALES PESADOS EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y SUS IMPLICACIONES EN LA SALUD.<sup>13</sup>**

La contaminación por metales pesados y metaloides en recursos hídricos, suelos y aire plantea una de las más severas problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global y local. En esta revisión, se aborda el problema específico de contaminación por mercurio (Hg), Arsénico (As), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en ambiente y alimentos. Se presenta una descripción sobre las fuentes de contaminación y exposición en seres vivos, así como la incorporación y retención en alimentos y productos de consumo humano.

---

<sup>13</sup> Yulieth C. Reyes, Inés Vergara, Omar E. Torres, Mercedes Díaz, Edgar E. González. **HEAVY METALS CONTAMINATION: IMPLICATIONS FOR HEALTH AND FOOD SAFETY.** Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 N° 2, Julio-Diciembre. 2016, pp. 66-77, Sogamoso-Boyacá. Colombia.

La contaminación ambiental se posiciona como uno de los más importantes problemas que afectan a la sociedad del siglo XXI. La pérdida de calidad del aire, del recurso hídrico y de suelos disponibles para actividades agrícolas se ha incrementado exponencialmente. La tasa de contaminación del agua puede ser estimada en 2000 millones de metros cúbicos diarios. Se hace evidente una crisis de este recurso para los próximos años, lo que podría comprometer el cumplimiento de uno de los objetivos de Desarrollo del Milenio de la Organización de Naciones Unidas (ONU-DAES, 2005-2015). En septiembre de 2015, la Asamblea general de la ONU, acordó como objetivo: “asegurar la disponibilidad y la gestión sostenible de agua y saneamiento para todos”, otorgándole al agua un carácter prioritario para todos los países miembro.

Específicamente, la contaminación del agua por metales pesados ocasionada por vía antrópica y natural, está afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública. Estudios recientes reportan la presencia de metales pesados y metaloides tales como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) en hortalizas tales como la lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa. De igual manera, se han encontrado metales en diferentes concentraciones en peces, carnes y leche resultado de la bio-acumulación y movilidad desde el ambiente a las fuentes hídricas.

Por su elevada toxicidad, el impacto causado en salud por exposición prolongada o por bio-acumulación de metales pesados resulta alarmante. Dependiendo del tipo de metal o metaloide, se producen afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos.

## EXPOSICIÓN A METALES PESADOS Y SUS EFECTOS EN LA SALUD Y AMBIENTE

Como ya fue anotado, la presencia de metales en el ambiente se da por vía natural y antropogénica. Se movilizan en matrices de agua, suelo y aire. Los

metales son persistentes, es decir, no pueden ser creados o degradados, ni mediante procesos biológicos ni antropogénicamente.

Una vez que han entrado en los ecosistemas acuáticos, se transforman a través de procesos biogeoquímicos y se distribuyen entre varias especies con distintas características físico-químicas, por ejemplo, material particulado ( $>0,45 \mu\text{m}$ ), coloidal ( $1 \text{ nm}-0,45 \mu\text{m}$ ) y especies disueltas ( $=1 \text{ nm}$ ).

**Cadmio (Cd)** El cadmio forma parte de la composición natural de algunas rocas y suelos y provoca una liberación al medio ambiente cercana a 25000 toneladas. De otra parte, por vía antrópica las concentraciones en el ambiente pueden ser incrementadas considerablemente. Ya que es un metal ampliamente utilizado en la industria y productos agrícolas, esto ha producido un progresivo aumento en su producción. El 5% del metal es reciclado y debido a su notable movilidad, provoca una importante contaminación ambiental.

La población está expuesta al cadmio por diversas vías: Oral, a través del agua y la ingesta de comida contaminada con este elemento (hojas de vegetales, granos, cereales, frutas, vísceras animales y pescado).

En algunos países de Europa y Norte América la ingesta diaria de cadmio varía entre 10 y 40  $\mu\text{g}/\text{día}$ . La inhalación de partículas durante actividades industriales en personas laboralmente expuestas, donde la concentración de cadmio puede tener valores superiores a 50  $\mu\text{g}/\text{L}$ .

El cigarrillo, cuyo nivel de cadmio está asociado al suelo donde crece el tabaco. Estudios realizados muestran que las concentraciones de cadmio en la sangre para no fumadores varían entre 0,4 a 1,0  $\mu\text{g}/\text{L}$ , mientras que en fumadores los valores varían entre 1,4 a 4  $\mu\text{g}/\text{L}$ .

Finalmente, por vía dérmica, aunque las concentraciones absorbidas son muy reducidas. El cadmio que ingresa por vía respiratoria o por vía oral, se transporta

a la sangre y se concentra en el hígado y el riñón. El cadmio tiene la capacidad de acumularse en estos órganos vitales lo que produce daños irreversibles aún para concentraciones reducidas. De otra parte, el tiempo de permanencia en estos órganos puede ser muy elevado. Así, el tiempo de vida media del cadmio en el riñón puede alcanzar los 30 años. Al cadmio se le reconoce como uno de los metales pesados con mayor tendencia a acumularse en las plantas.

El cadmio causa severos desequilibrios en los procesos de nutrición y transporte de agua en las plantas. La favorabilidad de acumulación de cadmio en las plantas ha llevado a considerarlas como potenciales candidatos para tareas de fitoremediación de este metal.

**Plomo (Pb)** El plomo es un metal pesado que se ha utilizado durante muchos años debido a su resistencia a la corrosión, ductibilidad, maleabilidad y facilidad para formar aleaciones. El plomo es absorbido por inhalación, ingestión y a través de la piel.

Las principales vías de exposición son: inhalación de partículas de plomo generadas por combustión de algunos materiales. La ingestión de polvo, agua o alimentos contaminados. Tiende a distribuirse en diferentes órganos, tejidos, huesos y dientes, donde se va acumulando con el paso del tiempo. La intoxicación por plomo varía de acuerdo a la edad de la persona y su nivel de exposición.

**Mercurio (Hg)** Es un metal líquido a temperatura ambiente, que además de encontrarse en su estado elemental, se puede hallar como derivados inorgánicos y derivados orgánicos. El mercurio elemental es poco soluble y por lo tanto poco tóxico al ingerirse, pero puede emitir vapores tóxicos a cualquier temperatura y ocasionar intoxicaciones agudas y crónicas por su inhalación.

La toxicidad que exhibe el mercurio depende drásticamente de la fase química en la que se encuentre. El metilmercurio es una de las formas con elevada

toxicidad y es muy fácilmente incorporado en la cadena alimenticia y bioacumulado en seres vivos. Afecta principalmente al sistema nervioso y puede producir graves daños en el cerebro en estado fetal. Es activamente perjudicial para el sistema cardiovascular y puede ser cancerígeno

### **Arsénico**

Existen tres grandes grupos de compuestos de arsénico

1. compuestos de arsénico inorgánico
2. compuestos de arsénico orgánico
3. gas arsina y arsinas sustituidas.

Distribución y usos

El arsénico se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y principalmente en los minerales sulfurosos. La arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ ) es la forma más abundante.

**Arsénico elemental:** El arsénico elemental se utiliza en aleaciones con el fin de aumentar su dureza y resistencia al calor, como en las aleaciones con plomo para la fabricación de municiones y de baterías de polarización. También se utiliza para la fabricación de ciertos tipos de vidrio, como componente de dispositivos eléctricos y como agente de adulteración en los productos de germanio y silicio en estado sólido.

**Compuestos inorgánicos trivalentes:** El tricloruro de arsénico ( $\text{AsCl}_3$ ) se utiliza en la industria cerámica y en la fabricación de arsenicales con contenido de cloro. El trióxido de arsénico ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) o arsénico blanco se utiliza en la purificación de gases sintéticos y como materia prima para todos los compuestos de arsénico. También se utiliza como conservante de cuero y madera, como mordente en la industria textil, como reactivo en la flotación de minerales y para la decoloración y refinamiento en la fabricación del vidrio. El arsenito cálcico [ $\text{Ca}(\text{As}_2\text{H}_2\text{O}_4)$ ] y el

acetoarsenito cúprico (considerado generalmente como  $\text{Cu}(\text{COOCH}_3)_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$ ) son insecticidas. El acetoarsenito cúprico se utiliza también en la fabricación de pinturas para barcos y submarinos. El arsenito sódico ( $\text{NaAsO}_2$ ) se utiliza como herbicida, como inhibidor de la corrosión y como agente de secado en la industria textil. El trisulfuro de arsénico es un componente del cristal de transmisión de infrarrojos y un agente para eliminar el pelo en el curtido de las pieles. También se utiliza en la fabricación de material pirotécnico y de semiconductores.

**Compuestos inorgánicos pentavalentes:** El ácido arsénico ( $\text{H}_3\text{AsO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ) se utiliza en la fabricación de arsenatos, de vidrio y en los procesos de tratamiento de la madera. El pentóxido de arsénico ( $\text{As}_2\text{O}_5$ ) se utiliza como herbicida y conservante de la madera, así como en la fabricación de vidrio coloreado. El arseniato cálcico ( $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ ) se emplea como insecticida.

**Compuestos de arsénico orgánico:** El ácido cacodílico ( $(\text{CH}_3)_2\text{AsOOH}$ ) se utiliza como herbicida y defoliante. El ácido arsanílico ( $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{AsO}(\text{OH})_2$ ) se utiliza como cebo para saltamontes y como aditivo para piensos animales. En los organismos marinos como los camarones y los peces se encuentran compuestos de arsénico orgánico en concentraciones correspondientes a una concentración de arsénico de 1 a 100 mg/kg. Este arsénico está compuesto principalmente por arsenobetaina y arsenocolina, compuestos de arsénico orgánico de baja toxicidad.

**Gas arsina y arsinas sustituidas:** El gas arsina se utiliza en la síntesis orgánica y en el proceso de componentes electrónicos en estado sólido. El gas arsina también se puede generar inadvertidamente en procesos industriales en los que se forma hidrógeno naciente cuando existe arsénico presente.

## Riesgos

### Compuestos de arsénico inorgánico

Aspectos generales de toxicidad: Aun cuando es posible que cantidades muy pequeñas de algunos compuestos de arsénico tengan un efecto benéfico, como indican algunos estudios en animales, los compuestos de arsénico, y en especial los inorgánicos, se consideran venenos muy potentes. La toxicidad aguda varía notablemente según el compuesto, dependiendo de su valencia y solubilidad en los medios biológicos. Los compuestos trivalentes solubles son los más tóxicos. La captación de compuestos de arsénico inorgánico en el tracto gastrointestinal es casi completa, aunque puede ser más lenta en las formas menos solubles, como el trióxido de arsénico en forma particulada.

La captación tras la inhalación es también casi completa, ya que incluso el material menos soluble depositado sobre la mucosa respiratoria se transfiere al tracto gastrointestinal, donde se absorbe. La exposición profesional a los compuestos de arsénico inorgánico puede producirse por inhalación, ingestión o contacto con la piel, con la consiguiente absorción. Se pueden observar efectos agudos en la vía de entrada si la exposición es excesiva. La dermatitis puede surgir como síntoma agudo, pero con mayor frecuencia es resultado de la toxicidad por exposición prolongada, y en ocasiones es posterior a la sensibilización.

Intoxicación aguda: La exposición a dosis elevadas de compuestos de arsénico inorgánico puede producirse como una mezcla de inhalación e ingestión o como resultado de accidentes en industrias en las que se manejan grandes cantidades de arsénico (por ejemplo, trióxido de arsénico). Dependiendo de la dosis, se pueden presentar diversos síntomas y, si ésta es excesiva, puede resultar fatal. Se han observado síntomas de conjuntivitis, bronquitis y disnea, seguidos por molestias gastrointestinales y vómitos, y posteriormente, síntomas cardíacos y

shock irreversible, con un curso temporal de horas. En un caso fatal, se describieron niveles de arsénico en sangre superiores a 3 mg/l. La exposición a dosis subletales de compuestos de arsénico irritantes en el aire (por ejemplo, el trióxido de arsénico) puede producir síntomas relacionados con lesiones agudas en las membranas mucosas del aparato respiratorio y síntomas agudos por exposición cutánea.

En estos casos, se observa una irritación grave de la mucosa nasal, la laringe y los bronquios, además de conjuntivitis y dermatitis. En algunos individuos se pueden observar perforaciones del tabique nasal algunas semanas después de la exposición. Se cree que la exposición reiterada permite desarrollar cierta tolerancia contra la intoxicación aguda. Sin embargo, este fenómeno no está bien documentado en la literatura científica

### **Exposición a largo plazo (intoxicación crónica):**

La intoxicación crónica con arsénico puede presentarse en trabajadores expuestos durante un tiempo prolongado a concentraciones excesivas de compuestos de arsénico en suspensión aérea. Los rasgos más sobresalientes son los efectos locales sobre la mucosa del tracto respiratorio y la piel. También puede afectar a los sistemas nervioso y circulatorio y al hígado, y puede llegar a producirse cáncer del tracto respiratorio.

En el caso de una exposición a largo plazo al arsénico a través de la comida, el agua o la medicación, los síntomas son en cierto modo distinto de los que surgen tras la exposición por inhalación. Dominan en el cuadro clínico los síntomas abdominales vagos: diarrea o estreñimiento, enrojecimiento de la piel, pigmentación e hiperqueratosis. Además, puede producirse una afectación vascular, que en una región dio lugar a gangrena periférica. En la intoxicación crónica por arsénico son habituales la anemia y la leucopenia. La afectación hepática se ha observado con mayor frecuencia en las personas expuestas

durante largo tiempo por vía oral que en las expuestas por inhalación, especialmente en los trabajadores de viñedos, cuya vía de exposición principal parece ser el vino contaminado. Existe una mayor incidencia de cáncer de la piel en este tipo de intoxicación

## **HIERRO**

### Distribución y usos

El hierro es el segundo metal más abundante y el cuarto de todos los elementos, superado únicamente por el oxígeno, el silicio y el aluminio. Los minerales de hierro más comunes son: la hematita o mineral de hierro rojo ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), que contiene un 70 % de hierro; la limonita o mineral de hierro marrón ( $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), con un 42 % de hierro; la magnetita o mineral de hierro magnético ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), con un alto contenido de hierro; la siderita o mineral de hierro espático ( $\text{FeCO}_3$ ); la pirita ( $\text{FeS}_2$ ), el mineral azufrado más común; y la pirrotita o pirita magnética ( $\text{FeS}$ ). El hierro se utiliza para la fabricación de piezas de hierro y acero fundidos y en aleaciones con otros metales. También se emplea para aumentar la densidad de los líquidos en las perforaciones petrolíferas

### Aleaciones y compuestos

El hierro por sí mismo no es especialmente fuerte, pero su resistencia aumenta de forma notable cuando se alea con carbono y se enfría rápidamente para formar acero, lo que explica su importancia como metal industrial. Algunas características del acero, es decir, si es blando, suave, medio o duro, vienen determinadas por su contenido en carbono, que puede variar entre un 0,10 y un 1,15 %. Unos 20 elementos más, con cualidades muy distintas de dureza, ductilidad, resistencia a la corrosión, etc., se utilizan en diversas combinaciones y proporciones en la producción de aleaciones de acero. Los más importantes son el manganeso (ferromanganeso y spiegeleisen), el silicio (ferrosilicio) y el cromo, que se trata más adelante. Desde el punto de vista industrial, los

compuestos de hierro más importantes son los óxidos y el carbonato, que constituyen los minerales más importantes de los que se obtiene el metal. Los cianuros, nitruros, fosfuros, fosfatos y el hierro carbonilo tienen una importancia industrial menor.

### Riesgos

Existen riesgos industriales durante la extracción, el transporte y la preparación de los minerales, durante la producción y el uso del metal y las aleaciones en las fábricas de hierro y acero y en las fundiciones, y durante la fabricación y el uso de ciertos compuestos. La inhalación de polvo o humos de hierro puede producirse en la minería del hierro, en la soldadura con arco eléctrico, el triturado, el abrillantado y el trabajo del hierro y en el rascado de calderas. Si se inhala, el hierro es un irritante local para los pulmones y el tracto gastrointestinal.

Los informes indican que la exposición prolongada a una mezcla de polvo de hierro y otros metales puede afectar a la función pulmonar. Pueden tener lugar accidentes durante la extracción, el transporte y la preparación de los minerales debido a la maquinaria pesada de corte, transporte, trituración y clasificación utilizada con este fin. También pueden producirse lesiones por la manipulación de explosivos durante las operaciones mineras.

La inhalación de polvo que contenga óxido de hierro o sílice puede originar neumoconiosis, pero no existen conclusiones definitivas con relación al papel de las partículas de óxido de hierro en el desarrollo del cáncer de pulmón en el hombre. Los experimentos en animales indican que el polvo de óxido de hierro podría actuar como una sustancia “co-cancerígena”, favoreciendo el desarrollo del cáncer cuando se combina simultáneamente con la exposición a sustancias cancerígenas.

## Tratamiento de agua para consumo humano

Las diversas actividades generadas por el hombre han provocado una modificación de las características de los recursos hídricos, alcanzando niveles de contaminación que hacen el agua no apta para consumo humano, por esta razón los procesos para tratar el agua son cada vez más complejos. El agua potable debe estar libre de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas o nocivas para la salud, y cumplir con las normas bacteriológicas y fisicoquímicas establecidas

### NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13.07.01:08<sup>14</sup>

El agua para consumo humano no debe ser un vehículo de transmisión de enfermedades, por lo que es importante establecer parámetros y sus límites máximos permisibles para garantizar que sea sanitariamente segura.

Esta norma aplica en todo el territorio nacional y considera todos los servicios públicos, municipales y privados sea cual fuere el sistema o red de distribución, en lo relativo a la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea su estado físico.

### DEFINICIONES TÉCNICAS

**Agua potable:** aquella apta para el consumo humano y que cumple con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en esta norma.

**Agua tratada:** corresponde al agua cuyas características han sido modificadas por medio de procesos físicos, químicos, biológicos o cualquiera de sus combinaciones.

---

 <sup>14</sup> tomado de. NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA. AGUA, AGUA POTABLE. EL SALVADOR C.A. NSO 13.07.01:08.

**Alcalinidad:** es la medida de las sustancias alcalinas presentes en el agua, que pueden ser: hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos, entre otros.

**Bacterias aeróbicas mesófilas:** son bacterias que viven en presencia de oxígeno libre a temperaturas entre 15 °C y 45 °C.

**Bacterias heterótrofas:** son bacterias que obtienen el carbono a partir de compuestos orgánicos. 3.6 Colonias: grupos discretos de microorganismos sobre una superficie, en oposición al crecimiento disperso en un medio de cultivo líquido.

**Escherichia coli:** bacterias aerobias o anaerobias facultativas, gram negativa, no formadoras de esporas. Es un indicador de contaminación fecal

**Grupo coliforme total:** son bacterias en forma de bacilos, anaeróbicos facultativos, gram negativos, no formadores de esporas. Es indicador de contaminación microbiana.

**Grupo coliforme fecal o termotolerantes:** son bacterias coliformes que se multiplican a  $44.5\text{ °C} \pm 0.2\text{ °C}$ . En su mayoría provienen de contaminantes fecales de humanos y animales de sangre caliente.

**Límite Máximo Permissible (LMP):** es la concentración del parámetro por encima del cual el agua no es potable.

**Número más probable (NMP):** este número da un valor estimado de la densidad media de bacterias coliformes en una muestra de agua.

**Operador.** Prestador del servicio de abastecimiento de agua de consumo humano.

**Plaguicida:** es cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y

elaboración de alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales, y aquellos que se administren a los animales para combatir ectoparásitos.

**Parámetro:** es aquella característica que es sometida a medición.

**Placa Vertida:** método utilizado para el conteo de bacterias heterótrofas en el que un medio sólido fundido y enfriado a 45 °C, se vierte dentro de cajas Petri que contienen una cantidad definida de muestra. El resultado se expresa en unidades formadoras de colonias UFC/ml.

**Radioactividad:** es la emisión de energía atómica radiante, causada por la desintegración del núcleo de los átomos de algunos elementos.

**Red de distribución:** forma de hacer llegar el agua para consumo humano a la población: tuberías, cañerías camiones cisterna y depósitos de cualquier naturaleza, (exceptuando lo que compete a la Norma Salvadoreña Obligatoria de agua envasada).

**Residuos de plaguicidas:** cualquier sustancia presente en el agua como consecuencia del uso y manejo de plaguicidas.

**Turbidez:** es una expresión de la propiedad óptica que causa la luz al ser dispersada y absorbida al ser transmitida en líneas rectas a través de la muestra, debido a la presencia de sólidos suspendidos en el agua.

**Unidades Formadoras de colonias (UFC):** expresa el número de colonias originadas a partir de una célula, pares, cadenas o agrupaciones de células.

## REQUISITOS DE CALIDAD MICROBIOLÓGICOS.

Tabla 1. REQUISITOS DE CALIDAD MICROBIOLÓGICOS

Parámetro	Límite Máximo Permisible		
	Técnicas		
	Filtración por Membranas	Tubos Múltiples	Placa vertida
<b>Bacterias coliformes totales</b>	0 UFC/100 ml	<1.1 NMP/100 ml	-----
<b>Bacterias coliformes fecales o termotolerantes</b>	0 UFC/100 ml	<1.1 NMP/100 ml	-----
<b>Escherichia coli</b>	0 UFC/100 ml	<1.1 NMP/100 ml	-----
<b>Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas</b>	100 UFC/ ml	-----	100 UFC/ ml
<b>Organismos patógenos</b>	AUSENCIA		

Cuando en una muestra se presentan organismos coliformes totales fuera de la Norma, según la Tabla 1, se deben aplicar medidas correctivas y se deben tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se les debe examinar hasta que los resultados que se obtengan, cuando menos en dos muestras consecutivas demuestren que el agua es de una calidad que reúne los requisitos exigidos por la Tabla 1.

Un número mayor de 100 microorganismos por mililitro en el recuento total de bacterias heterotróficas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación. En cada técnica se pueden usar los sustratos tradicionales o sustrato-enzima aprobados por una entidad internacional reconocida y relacionada con la calidad del agua potable.

## REQUISITOS DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICOS

Tabla 2. Límites permisibles de características físicas y organolépticas

Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permissible
<b>Color Verdadero</b>	(Pt-Co)	15
<b>Olor</b>	-----	No rechazable
<b>PH</b>	-----	8.5
<b>Sabor</b>	-----	No rechazable
<b>Sólidos totales disueltos</b>	Mg/l	1000 <sup>2</sup>
<b>turbidez</b>	UNT	5 <sup>3</sup>
<b>temperatura</b>	C°	No rechazable

Límite Mínimo Permissible 6.0 Unidades

Tabla 3 Valores para Sustancias Químicas

<i>Parámetro</i>	<i>Límite Máximo Permissible (mg/l)</i>
<i>Aluminio</i>	0.2
<i>Antimonio</i>	0.006
<i>Cobre</i>	1.3
<i>Dureza Total como (CaCo3)</i>	500
<i>Fluoruros</i>	1.00
<i>Plata</i>	0.07
<i>sodio</i>	200.00
<i>Sulfato</i>	400.00
<i>zinc</i>	5.00
<i>Hierro Total</i>	0.30 1)
<i>Manganeso</i>	0.1 1)

Cuando los valores de hierro y manganeso superen el límite máximo permissible establecido en esta norma y no sobrepasen los valores máximos sanitariamente aceptables de 2,0 mg/l para el hierro y de 0,5 mg/l para el manganeso, se permitirá el uso de quelantes para evitar los problemas estéticos de color, turbidez y sabor que se generan

Tabla 4 Valores para sustancias químicas de tipo inorgánico de alto riesgo para la salud

<b>Parámetro</b>	<b>Límite Máximo Permisible 1) mg/l</b>
<b>Arsénico</b>	0.01
<b>Bario</b>	0.70
<b>Boro</b>	0.30
<b>Cadmio</b>	0.003
<b>Cianuros</b>	0.05
<b>Cromo (Cr+6)</b>	0.05
<b>Mercurio</b>	0.001
<b>Níquel</b>	0.02
<b>Nitrato (NO3) 1)</b>	45.00
<b>Nitrito (Medido como Nitrógeno) 1)</b>	1.00
<b>Molibdeno</b>	0.07
<b>plomo</b>	0.01
<b>Selenio</b>	0.01

Dado que los nitratos y los nitritos pueden estar simultáneamente presentes en el agua de bebida, la suma de las razones de cada uno de ellos y su respectivo límite máximo permisible no debe superar la unidad.

Tabla 5. Valores para sustancias químicas orgánicas de riesgo para la salud

<b>Parámetro</b>	<b>Límite Máximo Permisible (µg/litro)</b>
Aceites y grasas	Ausencia
Benzeno	10
Tetracloruro de carbono	4
2 etilexil eftalato	8
1,2- diclorobenzeno	1000
1,4 –diclorobenzeno	300
1,2-dicloroetano	4
1,1 Dicloroetano	30
1,2 Dicloroetano	50
Diclorometano	20
1,4 Dioxano	50
Acido edético (EDTA)	600
Etilbenzeno	300
Hexaclorobutadieno	0.6
Acido Nitrilo Triacético(NTA)	200
Pentaclorofenol	9
Estireno	20
Tetracloroetano	40
Tolueno	700
Tricloroetano	70
Xilenos	500

Tabla 6 Valores para residuos de plaguicidas

<b>PARÁMETRO</b>	<b>LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE (µG/LITRO)</b>
ALACLOR	20
ALDICARB	10
ALDRIN/DIELDRIN	0.03
ATRAZINE	2
CARBOFURAN	7
CLORDANE	0.2
CLOROTOLURON	30
CYANAZINE	0.6
2,4-D (2,4- ÁCIDO DICLOROFENOACETICO)	30
2,4-DB (4-(2,4-DICLOROFENOXY)BUTIRICO ACIDO)	90
1,2-DIBROMO-3-CLOROPROPANO	1
1,2-DIBROMOMETANO	15
1,2-DICLOROPROPANE (1,2-DCP)	40
1,3-DICHLOROPROPENO	20
DICHLORPROPENO	100
DIMETOATEO	6
ENDRIN	0.6
FENOPROP	9
HEXACLOROBENZENO	1
ISOPROTURON	9
LINDANO	0.3
MCPA (4-CLORO-2-METILFENOXI)ACIDO ACETICO	2
MECOPROP	10
METOXYCLORO	20
METOLACLORO	10
MOLINATO	6
PENDIMETALIN	20
PENTAFLOROFENOL	9
SIMAZINE	2
2,4,5-T ACIDO ACETICO, (2,4,5-TRICLOROFENOXI)	9
TERBUTILAZINA	7
TRIFLURALÍN	20

Tabla 7. Valores para desinfectantes y subproductos de la desinfección

PARAMETRO	Límite máximo permisible (µg/l)
Bromato	10
Bromodiclorometano	60
Bromoformo	100
Hidrato de coral (tricloroacetaldehido)	10
Clorato	700
Clorito	700
Cloroformo	200
Cloruro de cianógeno	70
Dibromoacetnitrilo	70
Dibromoclorometano	100
Dicloroacético	40
Dicloroacetnitrilo	20
Formaldehido	900
Monocloroacetato	20
Tricloroacético	200
2,4,6-triclorofenol	200
Trihalometanos totales	100
	La sumatoria de la relación de la concentración con sus valores máximos admisibles no debe de exceder a uno $\sum C/LMP \leq 1$

Tabla 8. Valores para cloro residual

PARÁMETRO	Cloro residual libre
Cloro residual libre	0-3-1.1

Mínimo: 0,3 mg/l para condiciones en las que no haya brotes de enfermedades por consumo de agua contaminada El límite recomendado seguro y deseable de cloro residual libre en la primera vivienda más próxima al punto de inyección al sistema de abastecimiento de agua con cloro es de 1.1 mg/l y en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.3 mg/l, después de 30 minutos de contacto, con el propósito principal de reducir al 99.99% de patógenos entéricos.

En ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico el residual de cloro debe mantenerse un límite máximo permisible

de 1,5 mg/l y un límite mínimo permisible de 0,6 mg/l en todas las partes del sistema de distribución, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo.

Deben tomarse medidas similares en los casos de interrupciones o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua. Los valores recomendados y el valor máximo admisible de estas especificaciones están sujetos a modificarse cuando se pueda emplear un método analítico sencillo pero preciso y exacto para determinar la presencia de las sustancias denominadas “Trihalometanos Totales” (THM) en el agua de consumo, siempre que no sobrepase el límite de 100 µg/litro

El crecimiento de la población y el desarrollo industrial han multiplicado los problemas de contaminación del agua tanto de procedencia superficial como subterránea. La contaminación del agua es producida principalmente por vertimiento de aguas servidas, basura, relaves mineros y productos químicos. En estas condiciones el ciclo del agua ya no tiene la capacidad suficiente para limpiarla, por ello, se requieren diversos procesos para desinfectarla y hacerla apta para consumo humano.

La complejidad de los procesos que constituyen el tratamiento del agua va a depender de las características del agua superficial que se va a tratar; por este motivo, es necesario preservar la calidad del agua desde la fuente para evitar no solo costos ecológicos y sociales sino también económicos.

La evaluación continua de la calidad del agua comprende las siguientes fases: fuente, tratamiento, almacenamiento y distribución a la población. Un aspecto importante a considerar en el tratamiento del agua es la producción de aguas residuales, que se deben gestionar adecuadamente para su posible reutilización o reciclaje.

## TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO Y DESINFECCIÓN DE AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO.<sup>15</sup>

### CALIDAD DEL AGUA

El agua es de vital importancia para el ser humano, ya que, al ser considerado el solvente universal, ayuda a eliminar las sustancias que resultan de los procesos bioquímicos producidos en el organismo.

Sin embargo, también puede transportar sustancias nocivas al organismo, ocasionando daños en la salud de las personas. Las fuentes de agua que abastecen a una población pueden proceder de la lluvia, de aguas superficiales o de aguas subterráneas. El agua que se trata para consumo humano es de origen superficial.

### PRINCIPALES PROCESOS EMPLEADOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

En el tratamiento del agua para consumo humano se emplean diferentes procesos; la complejidad de estos dependerá de las características del agua cruda. A continuación, describiremos los principales:

#### **Cribado**

En este proceso se eliminan los sólidos de mayor tamaño que se encuentran en el agua (ramas, madera, piedras, plásticos, etcétera) por medio de rejas, en las que estos materiales quedan retenidos

#### **Coagulación-floculación**

La coagulación consiste en la adición de coagulantes con el fin de desestabilizar las partículas coloidales para que sean removidas. Este proceso ocurre en

---

<sup>15</sup> Tomado de. Tratamiento de agua para consumo humano Ingeniería Industrial, Universidad de Lima Lima, Perú

fracciones de segundo, depende de la concentración del coagulante y del pH final de la mezcla. Mientras que la floculación es el proceso por el cual las partículas desestabilizadas chocan entre sí y se aglomeran formando los floc.

En estos procesos, aparte de la remoción de turbiedad y color también se eliminan bacterias, virus, organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación, algas y sustancias que producen sabor y olor en algunos casos.

El proceso de coagulación-floculación requiere ser controlado con mucho cuidado por ser una de las fases más importantes del tratamiento, ya que de este dependerá la eficiencia de los sedimentadores y filtros.

En las plantas de tratamiento, la coagulación se lleva a cabo en la unidad denominada mezcla rápida y la floculación se realiza en floculadores

Respecto a los coagulantes es recomendable darles el tiempo suficiente para que las partículas del compuesto se disuelvan. Los coagulantes más usados son: sulfato de aluminio, cloruro férrico y sulfato férrico. Asimismo, se emplean ayudantes de coagulación, como polímeros catiónicos o aniónicos.

### **Sedimentación**

Es el proceso físico mediante el cual las partículas en suspensión presentes en el agua son removidas o separadas del fluido, debido al efecto de la gravedad. Dichas partículas deberán ser más densas que el agua, y el resultado que se obtenga será un fluido clarificado y una suspensión más concentrada.

La remoción de partículas se puede conseguir dejando sedimentar el agua, filtrándola o ejecutando ambos procesos de manera consecutiva, por esta razón ambos procesos se consideran complementarios. Entre los factores que influyen en la sedimentación podemos citar los siguientes:

- La calidad del agua (variación de concentración de materias en suspensión, temperatura del agua).
- Las condiciones hidráulicas.
- Procesos previos a la sedimentación.

### **Filtración**

Es un proceso que consiste en la separación de partículas y pequeñas cantidades de microorganismos (bacterias, virus) a través de un medio poroso. Es la fase responsable de que se cumplan los estándares de calidad para el agua potable. Desde el punto bacteriológico, los filtros tienen una eficiencia de remoción superior a 99%.

El tamaño de las partículas que quedan retenidas en mayor o menor proporción en los granos del lecho filtrante varía desde flóculos de 1mm hasta coloides, bacterias y virus inferiores a 10-3 mm.

Cuando el floc tiene un volumen mayor que el de los poros del lecho filtrante quedará retenido por cernido en los intersticios del lecho; sin embargo, en el caso de las bacterias cuyo tamaño es mucho menor que el de los poros quedarán removidas por una serie de fenómenos.

### **Desinfección**

Es el último proceso de tratamiento del agua, que consiste en la destrucción selectiva de los organismos potencialmente infecciosos. Lo que significa que no todos los organismos patógenos son eliminados en este proceso, por lo que requieren procesos previos como la coagulación, sedimentación y filtración para su eliminación

Los factores que influyen en la desinfección son:

- ✓ Los microorganismos presentes y su comportamiento.

- ✓ La naturaleza y concentración del agente desinfectante.
- ✓ La temperatura del agua
- ✓ La naturaleza y calidad del agua.
- ✓ El pH del agua.
- ✓ El tiempo de contacto.

La efectividad de la desinfección se mide por el porcentaje de organismos muertos dentro de un tiempo, una temperatura y un pH prefijados.

La resistencia de estos microorganismos varía, siendo las esporas bacterianas las más resistentes, le siguen en resistencia los quistes de protozoarios, virus entéricos y por último las bacterias vegetativas (coliformes).

### **Desinfección del agua en el área rural <sup>16</sup>**

En la América Latina y el Caribe, las enfermedades diarreicas representan un grave problema de salud pública, encontrándose entre las primeras cinco causas de defunción en menores de un año, y en muchos casos son la primera causa en niños de uno a cuatro años (OPS/OMS, 1995).

La desinfección del agua podría evitar que ésta sea un vehículo para la transmisión de enfermedades como el cólera, hepatitis infecciosa, poliomielitis, fiebres tifoidea y paratifoidea, amibiasis, balantidiasis, campilobacteriosis, enteritis causada por rotavirus, y diarrea causada por cepas patógenas de E. coli.

La desinfección de los sistemas de abastecimiento de agua comunitarios sigue siendo una de las medidas de salud pública más importantes que se puedan tomar para impedir brotes y epidemias de enfermedades (OPS/OMS, 1995).

---

 <sup>16</sup> Tomado de "ASPECTOS TECNICOS EN EL MANEJO Y TRATAMIENTO DEL AGUA EN LA VIVIENDA URBANA DE EL SALVADOR.". MEMORIA DE LABORES ANDA, 2011

Existen varias opciones tecnológicas de desinfección entre las que se incluyen: cloración, ozonización, yodación, radiación solar y ultravioleta. Respecto a la cloración, hay diversos métodos como gas cloro, los hipocloritos de calcio y sodio, cloraminas y algunos métodos para la generación de desinfectantes in situ.

En la actualidad la tecnología de desinfección de mayor uso en Latinoamérica y el Caribe es la cloración. El cloro gas y los hipocloritos forman ácido hipocloroso al disociarse en el agua, que puede penetrar en la pared de las células bacterianas destruyendo su integridad y permeabilidad y, al reaccionar con grupos sulfhídricos, inactiva las enzimas esenciales para el metabolismo, matando el microorganismo

### **Desinfección solar**

Este proceso de desinfección se usa a escala casera para purificar pequeñas cantidades de agua. Una temperatura por encima de 50°C incrementa considerablemente la inactivación de los microorganismos. El efecto temperatura - radiación aumenta la eficiencia del proceso. Es un método muy sencillo, económico y seguro cuando los niveles de radiación están por arriba de los 500 watts/m<sup>2</sup>.

En días totalmente nublados (radiación alrededor de 200 watts/m<sup>2</sup>), no se asegura la eliminación de las bacterias. En pruebas efectuadas en el Instituto Mexicano de tecnología del Agua, se logró una eficiencia del 99.999% en la remoción de coliformes totales después de cuatro horas de exposición en bolsas de plástico, y del 99.99% en botellas de plástico de dos litros después de seis horas de exposición en un día soleado (746 watts/m<sup>2</sup> de radiación promedio).

Las bolsas de plástico, aunque más efectivas, son menos prácticas de manejar y más fáciles de re contaminar. Los resultados también mostraron que la desinfección solar es efectiva con agua turbia, pero se requieren tiempos de exposición y radiación elevados.

Sin embargo, se recomienda que antes de la desinfección el agua se filtre para eliminar la turbiedad. Las botellas perfectamente limpias llenas con el agua a tratar se colocan acostadas sobre un fondo negro o plateado y se exponen a la luz directa del sol durante 4 o 6 horas, de preferencia entre las 10 de la mañana y las 4 de la tarde.

Se debe buscar un lugar despejado que no reciba sombra durante el proceso, puede ser el centro del patio, el techo de la casa, etc. Pueden utilizarse botellas de plástico desechables de bebidas embotelladas, que, si se manejan con cuidado para evitar que se rayen, es posible que duren varios meses. Las botellas deberán colocarse horizontalmente o de preferencia ligeramente inclinadas hacia donde se encuentra el sol a las 12 horas.

#### Procedimiento para hervir el agua

- ✚ Se pone a calentar el agua en una olla con tapadera.
- ✚ Cuando salgan burbujas, se deja en el fuego durante 5-10 minutos. Si no es posible dejarla tanto tiempo, hervir por lo menos durante cinco minutos, este tiempo es suficiente para matar a la mayoría de los microbios. Al dejar más tiempo que el agua hierva, es más efectiva la desinfección.
- ✚ Dejar enfriar el agua y luego pasarla a recipientes limpios y tapados

#### **PURIAGUA**

Consiste en una solución a base de hipoclorito de sodio al 0.5%, que ya viene preparada y se añade al agua para su desinfección. Una vez tratada el agua, es importante mantenerla en recipientes limpios y tapados hasta que se consuma, para que no se vuelva a contaminar.

#### Procedimiento para desinfectar con PURIAGUA

Aplicar la solución de PURIAGUA al agua, tomando en cuenta las medidas correspondientes, según la cantidad de agua que se desee desinfectar:

Solución PURIAGUA: 4 a 8 gotas (1 tapón) para una cantidad de agua: 1 litro, 1 cántaro (16 a 21 botellas). Solución PURIAGUA: 1 tapón  $\frac{1}{2}$  para una cantidad de agua: 1 cántaro (26 A 36 botellas) Luego tapar el recipiente completamente y dejar reposar 20 minutos antes de tomarla. El agua para beber dura 24 horas y el PURIAGUA dura 15 días.

## 5. HIPOTESIS

Al inicio del presente estudio se planteó la siguiente hipótesis:

*“Las fuentes de agua disponibles en el municipio de San Francisco Morazán, para consumo humano presentan contaminantes que la vuelven no aptas para utilizarse sin el tratamiento previo adecuado”.*

En base a los resultados obtenidos, del estudio realizado en el municipio de San Francisco Morazán, se demuestra que las fuentes de agua utilizadas para consumo humano no poseen un tratamiento adecuado previo ingesta. Existiendo **Coliformes fecales y *Escherichia coli*, en un 87.5% y 75%** respectivamente.

Además, el muestro de agua intradomiciliar evidencio **ausencia de cloro residual**, evidenciando un deficiente sistema de cloración; y la presencia de metales pesados (Hierro Total en 2 muestras y Arsénico en 1 muestra) fuera del máximo permisible por la norma salvadoreña de agua.

Por lo tanto, se comprueba la hipótesis planteada al municipio, concluyendo que el 87.5% (7 de 8 fuentes) de las fuentes de agua utilizadas no son aptas para consumo humano por contaminación microbiológica y química, y la muestra restante se encuentra en riesgo de contaminación por el inadecuado tratamiento brindado previo consumo.

## 6. DISEÑO METODOLOGICO

### 6.1 TIPO DE ESTUDIO

*Correlacional*

### 6.2 AREA Y PERIODO DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en el área urbana y rural que le corresponde cubrir a la UCSFI San Francisco Morazán, ubicada en el municipio de San Francisco Morazán, en el Departamento de Chalatenango, El Salvador de Abril a junio de 2017.

### 6.3 UNIVERSO Y MUESTRA

**Universo**, 626 viviendas pertenecientes al municipio de San Francisco Morazán, distribuidas en el área urbana (248 viviendas) y rural (378 viviendas).

#### **Área Urbana:**

Barrio, colonia o cantón	Total de viviendas	Porcentaje
<b>Barrio las Flores</b>	113	46%
<b>Barrio San Antonio</b>	58	23%
<b>Barrio el Centro</b>	36	14%
<b>Barrio las Delicias</b>	41	17%
<b>Total</b>	248	100%

**Área Rural:**

Barrio, colonia o cantón	Total de viviendas	Porcentaje
Caserío las Flores	34	9%
Cantón el Teosinte	61	16%
Colonia Divina Providencia	73	19%
Cantón Tremedal	24	6%
Caserío Cañitas	21	6%
Cantón Higueral	52	14%
Caserío Isotalio	17	4%
Cantón el Cemito	8	2%
Cantón las Mesitas	14	4%
Cantón San Miguelito	14	4%
Caserío Paso Limón	23	6%
Cantón Parvitas	31	8%
Cantón las Vegas	6	2%
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>100%</b>

**Muestreo**, fue de tipo probabilístico aleatorio simple. Donde del universo se separó en dos grupos correspondientes al área rural y urbana y de cada grupo se tomó muestreo mediante fórmula.

Fórmula utilizada para cálculo de la muestra:

$$n = \frac{NZ^2S^2}{d^2(N + 1) + Z^2S^2}$$

Área Urbana:

$$n = \frac{248(1.96)^2(0.5)^2}{(0.1)^2(279 + 1) + (1.96)^2(0.5)^2}$$

$$n = 69.029$$

$$n \approx 69$$

Área Rural:

$$n = \frac{378(1.96)^2(0.5)^2}{(0.1)^2(378 + 1) + (1.96)^2(0.5)^2}$$

$$n = 76.421$$

$$n \approx 76$$

---

*Dónde:*

*n = Tamaño de la muestra*

*N = Tamaño de la población*

*Z = Nivel de confianza (se utilizará el 95% equivalente a 1.96)*

*S<sup>2</sup> = Desviación estándar (por no haber estudios previos similares se utilizar el máximo valor de 50%)*

*d = Intervalo de confianza (se utilizará el 90% equivalente a 0.1)*

---

#### 6.4 DEFINICION Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Objetivo	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Valores	Técnica	Instrumento
Describir el perfil epidemiológico de la población en estudio del municipio de San Francisco Morazán, en el departamento de Chalatenango.	Perfil Epidemiológico	Es la expresión del estado de salud de una población, cuya descripción requiere de la identificación de las características que la definen.	Características socio-demográficas imperantes en la población estudio.	Edad	18-35 años	Entrevista	Guía de Entrevista
					36-50 años		
					51-65 años		
					>65		
				Sexo	Masculino		
					Femenino		
				Ocupación	Empleado/a		
					Estudiante		
					Labores domesticas		
					Ninguna		
				Escolaridad	Preparatoria		
					Básica		
					Media		
Superior							
Mortalidad	Primeras 10 causas	Revisión documental	Ficha capturadora de información				
	Morbilidad			Primeras 10 causas			

<b>Objetivo</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Valores</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Conocer las manifestaciones clínicas presentes en los habitantes, según el agua que utilizan para consumo humano y su relación con resultado de Examen General de Heces.	<b>Manifestaciones clínicas</b>	Es la relación entre los signos y síntomas que se presentan en una determinada enfermedad (en realidad, que presenta el enfermo).	Conjuntos de signos y síntomas gastrointestinales relacionados con el agua disponible para consumo humano.	Signos o síntomas gastrointestinales	Dolor abdominal Diarrea Disentería Nauseas o Vómitos Fiebre asociada a sintomatología gastrointestinal	Entrevista	Guía de Entrevista
	<b>Examen General de Heces</b>	Es un examen de laboratorio para buscar parásitos o huevos en una muestra de materia fecal.	Relación de resultados de EGH y manifestaciones clínicas.	Análisis de materia fecal	Presencia o ausencia de microorganismos	Examen físico y microbiológico se realizarán por laboratorista clínico privado.	

Objetivo	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Valores	Técnica	Instrumento
Describir las fuentes de agua de consumo humano disponibles en la población.	<b>Fuentes de Agua de consumo humano</b>	Es el agua que puede ser consumida por los humanos sin restricción para beber o preparar los alimentos	Las fuentes de las cuales la población estudio obtiene el agua utilizada para consumo humano diario	Zona Urbana	ANDA	Entrevista	Guía de Entrevista
					Alcaldía		
					Rio/Quebrada		
					Pozo artesanal		
				Zona Rural	Embotellada		
					ANDA		
					Alcaldía		
					Rio/Quebrada		
Pozo artesanal							

Objetivo	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Valores	Técnica	Instrumento
<p>Describir los diferentes tratamientos brindados al agua de consumo humano previo a su ingesta aplicados por la población de la zona urbana y rural.</p>	<p><b>Tratamiento al agua previo consumo humano</b></p>	<p>Proceso de purificación del agua para que sea bebible y utilizable para los seres humanos.</p>	<p>Conjunto de técnicas utilizadas por la población estudio para purificar el agua disponible para consumo humano.</p>	<p>Técnicas aplicadas para mejorar la calidad de agua</p>	<p>Cribado</p> <hr/> <p>Coagulación/floculación</p> <hr/> <p>Sedimentación</p> <hr/> <p>Filtración</p> <hr/> <p>Desinfección solar</p> <hr/> <p>PURIAGUA</p>	<p>Entrevista</p>	<p>Guía de Entrevista</p>

Objetivo	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Valores	Técnica
<p>Determinar la calidad de agua disponible para consumo humano en la zona urbana y rural del municipio de San Francisco Morazán a través de su análisis físico-químico y microbiológico.</p>	<b>Calidad del agua</b>	Se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua	Características físicas, químicas y biológicas del agua disponible para consumo humano en la población estudio.	Físico	Temperatura	Análisis de muestras se llevara a cabo en laboratorios de ANDA
					Conductividad eléctrica	
					Densidad	
					Color	
					Turbidez	
					Sabor y Olor	
					Salinidad	
				Químico	Dureza	
					Alcalinidad	
					Acidez	
					pH	
					Demanda química de oxígeno	
				Biológico	Demanda bioquímica de oxígeno	
Presencia de microorganismos patógenos						

## 6.5 CRUCE DE VARIABLES

Para realizar un mejor análisis de la información obtenida se correlacionaron mediante gráficos de Microsoft Excel 2016 (detallados en el acápite de resultados), las diferentes variables de los objetivos específicos:

### ***Variables de sexo y edad.***

Se determinó la proporción de sexo femenino y masculino y además el grupo etario predominante para identificar el ciclo vital en el que se encuentra el municipio

### ***Variables ultimo grado de escolaridad y grupo etario***

Se indago la prevalencia del ultimo grado de escolaridad alcanzado por la población estudio, relacionado con el grupo etario para entender la concienciación respecto a consumir agua adecuadamente tratada.

### ***Variables manifestaciones clínicas y resultados del examen general de heces.***

Se comparó la presencia o ausencia de manifestaciones clínicas gastrointestinales, con el resultado del examen general de heces, para detectar portadores asintomáticos de parásitos y el porcentaje de diferencia entre un EGH positivo y negativo con la manifestación de síntomas.

### ***Variables manifestaciones clínicas y búsqueda de asistencia medica***

Se valoró la concienciación que existe en la población estudio para acudir por asistencia médica al haber sintomatología gastrointestinal y prevenir complicaciones.

### ***Variables fuentes de agua y el tratamiento brindado***

Se indago las principales fuentes de agua utilizadas por la población estudio y si existe una cultura de prevención, aplicando medidas caseras para mejorar la calidad del agua de consumo.

## 6.6 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCION, PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE DATOS

### 6.6.1 RECOLECCION DE DATOS

De cada vivienda seleccionada se entrevistó a un habitante de la misma, a quien se le solicitó dar respuesta a un instrumento de tipo guía de entrevista (Anexo 12.3), estructurada que permitió reunir información para establecer el perfil epidemiológico de la población.

Así mismo, constatar la presencia o no de signos y/o síntomas gastrointestinales, verificar la fuente de agua que utilizan para consumo humano y si se le brinda algún tratamiento de tipo doméstico o industrial para mejorar su calidad antes de consumirla.

Dicho instrumento se aplicó en conjunto con el apoyo de los promotores de salud que cubren cada cantón, caserío y barrio descrito con anterioridad, previa capacitación de los mismos para la adecuada recolección de información, realizando una prueba piloto que garantizo que el instrumento había sido comprendido y aplicado correctamente.

El mismo se codificó, con un número correlativo a cada vivienda, que coincidió con el número asignado al consentimiento informado y la muestra de heces enviada al laboratorio clínico para su análisis (Laboratorio clínico BIOCAST, ubicado en el municipio de Nueva Concepción, Chalatenango).

Se seleccionaron el número de viviendas por cada cantón, caserío y barrio según porcentaje que aportan al número total de viviendas:

### **Área Urbana: Muestreo 69 viviendas**

Barrio, colonia o cantón	Total Viviendas	Porcentaje	N° viviendas
Barrio las Flores	113	46%	32
Barrio San Antonio	58	23%	16
Barrio el Centro	36	14%	9
Barrio las Delicias	41	17%	12
Total	248	100%	69

### **Área Rural: Muestreo 76 viviendas**

Barrio, colonia o cantón	Total de viviendas	Porcentaje	N° viviendas
Caserío las Flores	34	9%	7
Cantón el Teosinte	61	16%	12
Colonia Divina Providencia	73	19%	14
Cantón Tremedal	24	6%	5
Caserío Cañitas	21	6%	5
Cantón Higueral	52	14%	11
Caserío Isotalio	17	4%	3
Cantón el Cemito	8	2%	1
Cantón las Mesitas	14	4%	3
Cantón San Miguelito	14	4%	3
Caserío Paso Limón	23	6%	5
Cantón Parvitas	31	8%	6
Cantón las Vegas	6	2%	1
Total	378	100%	76

**Fuentes de información:** De tipo primaria la que se obtuvo directamente de la población estudio y de los análisis de laboratorio.

**Técnicas de recolección de datos:** *Entrevista (Anexo 12.3).*

## 6.6.2 CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION

### INCLUSION:

- ✚ Mayoría de edad (Igual o mayor de 18 años)
- ✚ Haber vivido por lo menos los últimos 6 meses en la vivienda seleccionada
- ✚ Estar dispuesto a brindar información para el llenado correcto del instrumento y dar muestra de heces para su respectivo análisis en laboratorio clínico de Nueva Concepción.
- ✚ Firmar y colocar huella digital en el consentimiento informado previo recolección de información (*Anexo 12.5*).
- ✚ Permitir la recolección de muestra de agua de uso diario para consumo intradomiciliar

### EXCLUSION:

- ✚ Habitantes que solo lleguen a dormir por las noches a la vivienda seleccionada
- ✚ Que se hayan desparasitado recientemente.
- ✚ Que al momento de aplicar el instrumento se encuentre lejos de la vivienda seleccionada.

Respecto a la calidad de agua disponible para consumo en los diferentes asentamientos tanto en la zona urbana como rural se tenía previsto tomar muestras de agua de las fuentes que abastecen a las diferentes zonas en tres puntos diferentes:

1. Donde se origina o extrae

2. Del lugar donde se almacena antes de distribuirla hacia los asentamientos

3. Intradomiciliar

Con el fin de verificar si cambia la calidad de agua en su tránsito desde su origen hasta la recepción en los domicilios.

Sin embargo, por asesoría técnica del Lic. Douglas Ernesto García, Jefe de Unidad de Laboratorio de ANDA (quien facilitó la realización del análisis físico-químico y microbiológico de las muestras de agua); recomendó realizar el muestreo en dos fases:

**En una primera fase**, recolectar una muestra por cada sistema de agua del municipio, es decir, elegir una vivienda de cada sistema.

**En una segunda fase**, si en los análisis de las muestras recolectadas en la primera fase resultaran fuera de norma en los parámetros químicos, entonces, proceder a muestrear en las fuentes que abastecen cada sistema de agua. De lo contrario si ningún parámetro resultase fuera de norma o solo los parámetros físico y microbiológico estuvieran fuera de la misma; no realizar segunda fase y seguir recomendaciones brindadas por ANDA.

Adicionalmente a cada habitante entrevistado se le solicitó una muestra de heces para enviarla a laboratorio y con los resultados se verificó si existe relación con los hallazgos en salud de la población (respecto a las manifestaciones clínicas)

### 6.6.3 PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE LA INFORMACION

#### **Procesamiento:**

Se vació la información que se recolecto a través de la guía de entrevista:

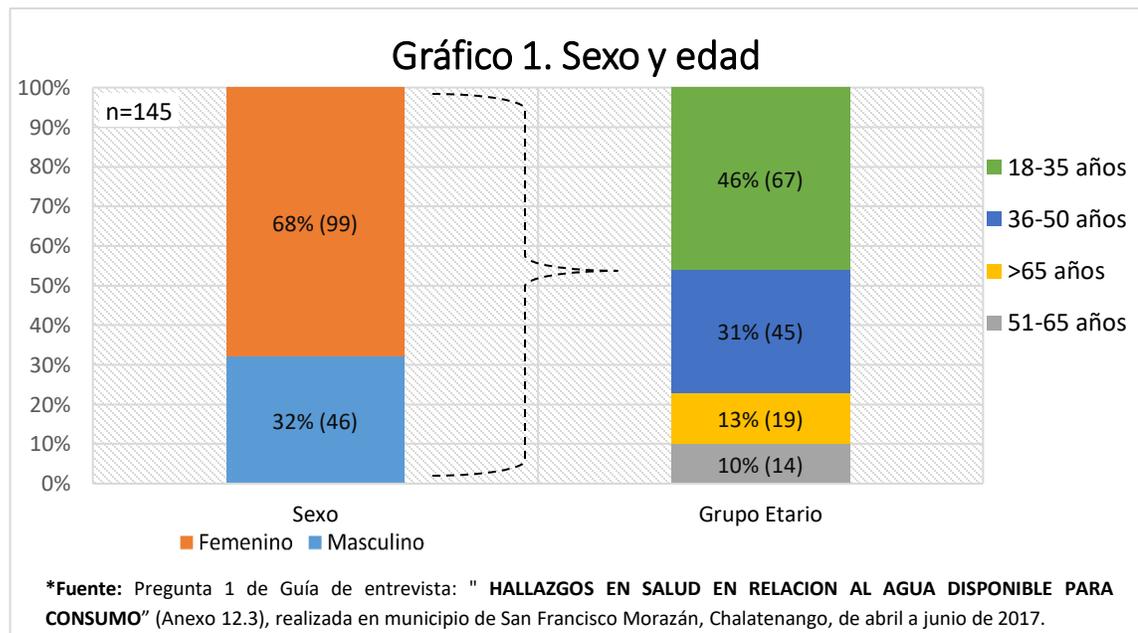
- La información obtenida por los análisis de laboratorio tanto de la calidad del agua (ANDA entrego un certificado de la calidad de cada muestra de agua enviada, *Anexo 12.6*), como de los exámenes general de heces realizados.
- La información que se recolecto por medio de la guía de entrevista para su posterior clasificación en:
  - Los datos referentes al perfil epidemiológico
  - Los datos referentes a manifestaciones clínicas
  - Los datos referentes a las fuentes de agua y los tratamientos que reciben de forma casera intradomiciliar
    - Una vez ordenado la información recolectada se procedió a unificar datos para presentarlos en gráficos y tablas en Microsoft Excel; y generar la base de datos.
    - Además, se creó un mapa digital donde se especifica la calidad de agua que presenta cada asentamiento en las zonas urbanas y rurales (*Anexo12.9*).

## 7. RESULTADOS

A continuación, se presentan los datos resolutivos de la investigación realizada en el periodo de abril a junio de 2017, sobre los hallazgos en la salud relacionados con el agua disponible para consumo humano en el municipio de San Francisco Morazán, Chalatenango.

### Objetivo 1: Perfil epidemiológico de la población en estudio

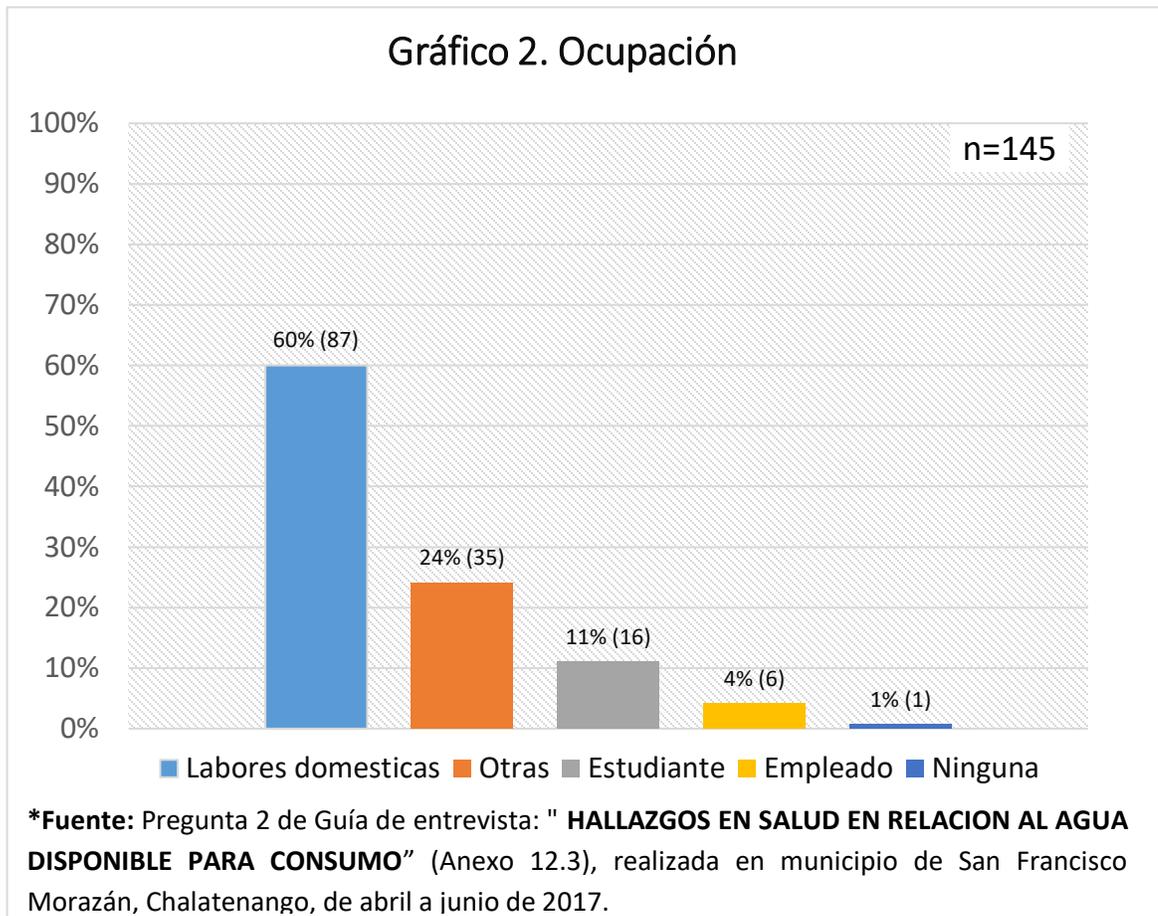
#### 1.1 Sexo y edad del entrevistado/a



**Gráfico 1:** De la población participante en el estudio, el 68% pertenece al sexo femenino, seguido del 32% perteneciente al sexo masculino.

Por grupo etario predominó la población joven-adulta, comprendida entre las edades de 18-35 años (46%) y de 36-50 años (31%); el grupo poblacional de 51-65 años representa el 10%, y finalmente la población >65 años representa el 13%.

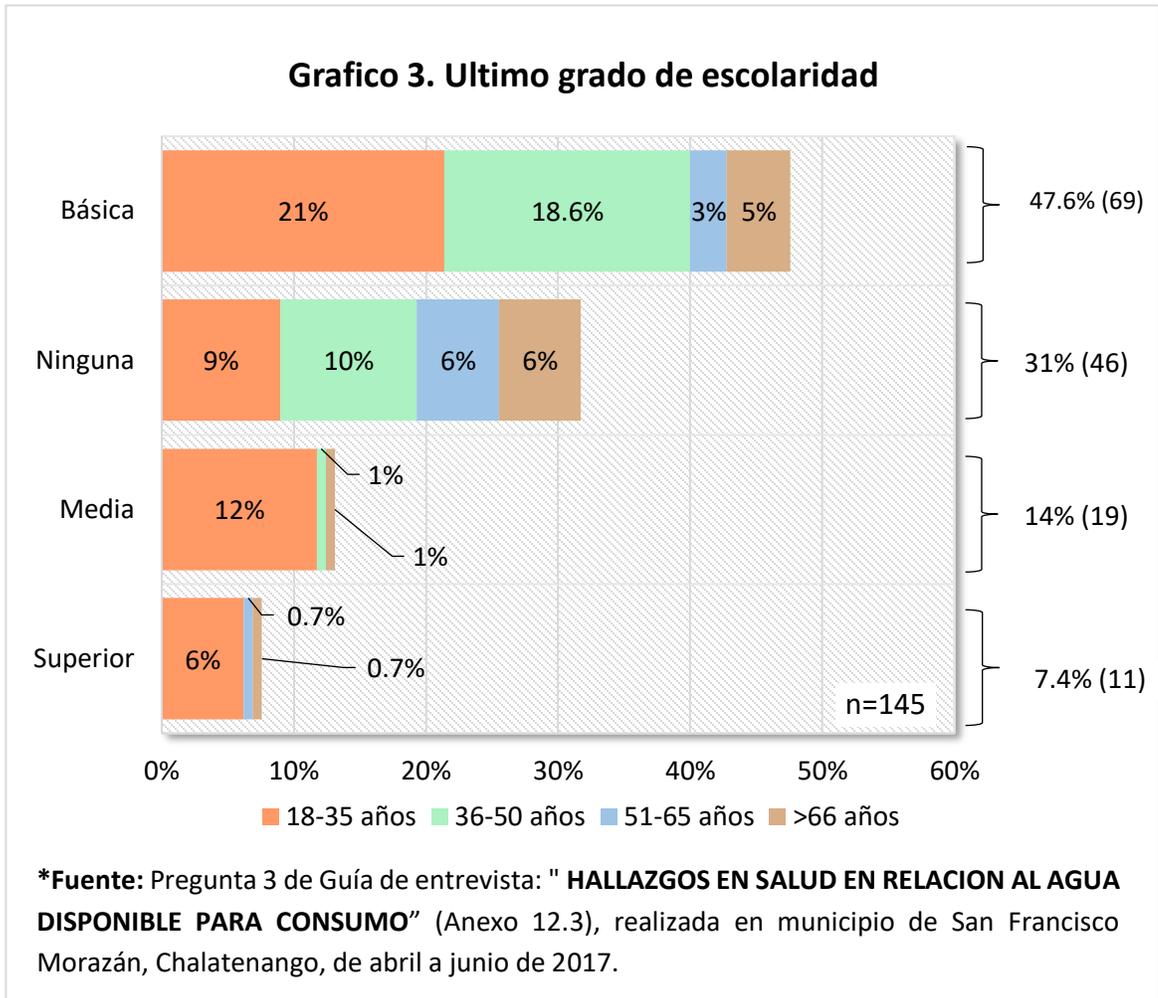
## 1.2. Ocupación



**Gráfico 2:** Se observa que la población se dedica en el 60% a labores domésticas, seguido del 24% de la población que se dedica a otras actividades, las cuales no especificaron.

El 11% se encuentran estudiando. Además, el 4% posee un empleo formal.

### 1.3. Ultimo grado de escolaridad

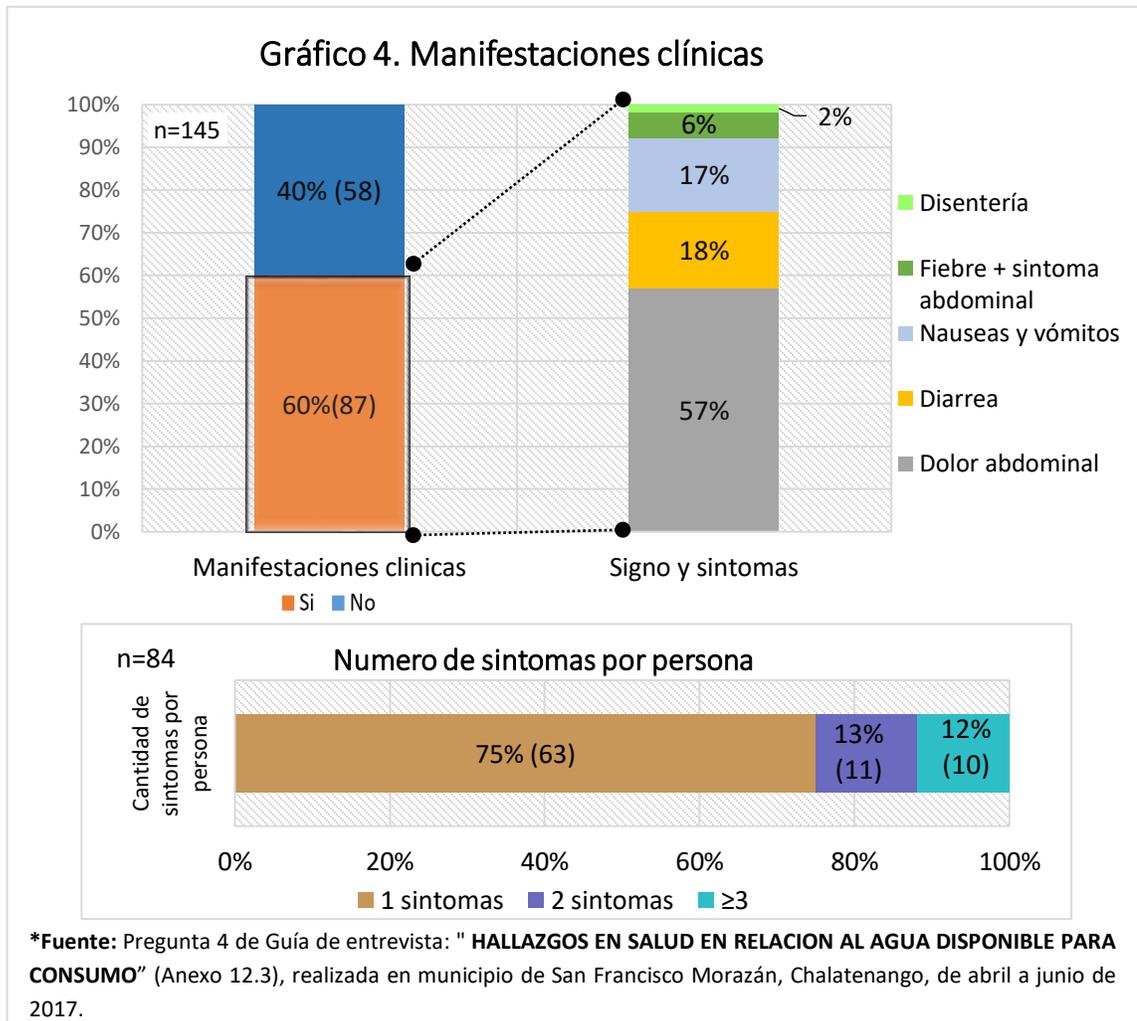


**Gráfico 3:** Se observa que el 47.6% de la población ha cursado algún grado de la educación básica, específicamente de 18-35 (21%) y 36-50 años (18.6%); En contraste el 31% no ha cursado ninguna escolaridad, -las edades de 18-35 años (9%) y 36-50 años (10%), la población >50 años corresponde al 12%-.

El 14% ha alcanzado la educación media predominando edades de 18-35 años (12%)

## Objetivo 2: Manifestaciones clínicas presentes en los habitantes, y relación con Examen General de Heces

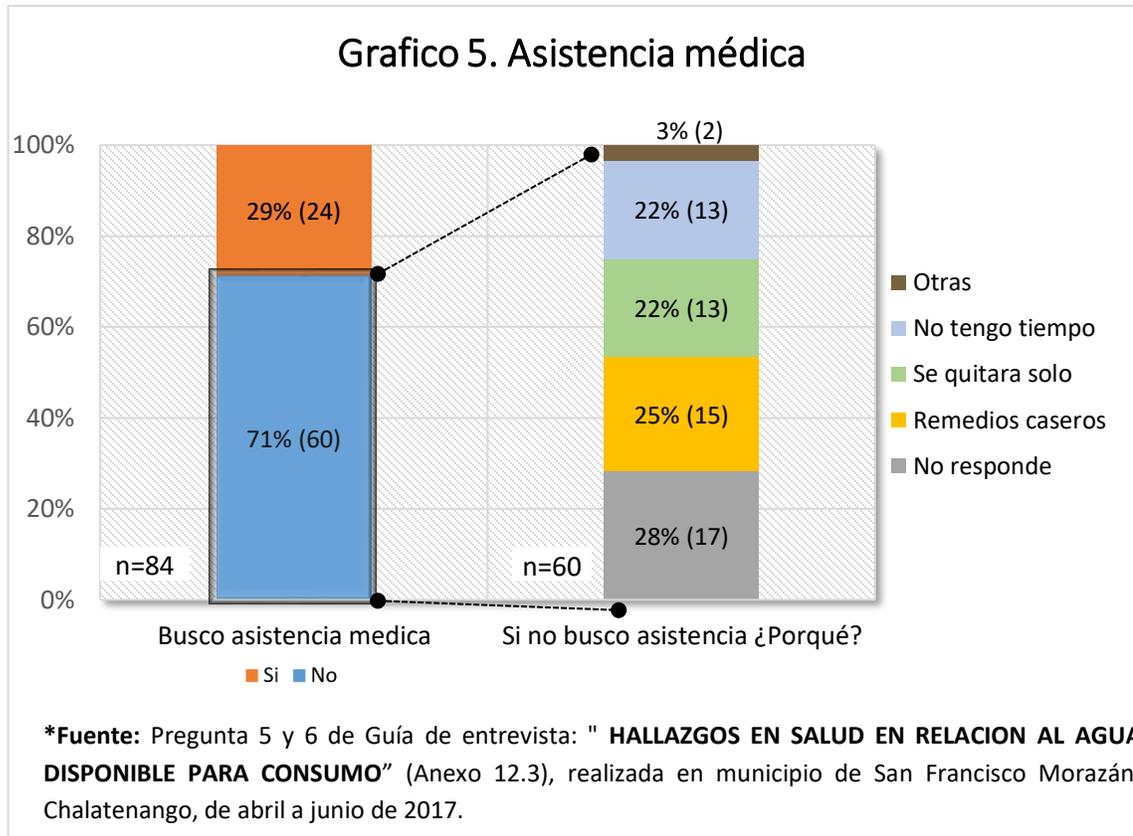
### 2.1. Manifestaciones clínicas



**Gráfico 4:** Se observa que el 60% de la población (87 personas), ha presentado alguna sintomatología gastrointestinal; de las más comunes aparecen: dolor abdominal con 57% y diarrea con 18%, seguido de náuseas y vómitos en 17%, así misma fiebre acompañado de algún síntoma abdominal en 6%.

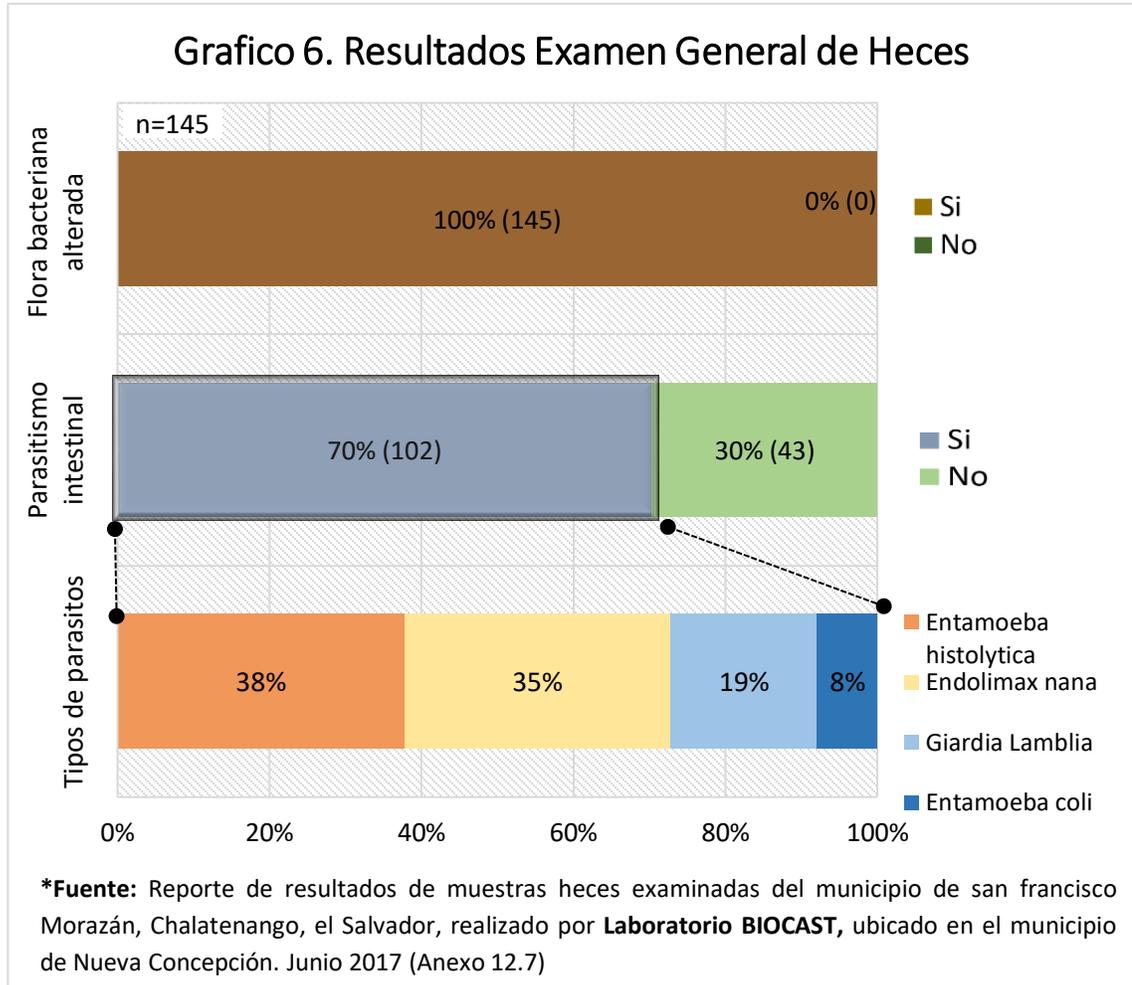
Además, el 75% presenta solo 1 síntoma, 13% 2 síntomas y el 12% 3 o más síntomas.

### 2.3. Asistencia médica en presencia de sintomatología Gastrointestinal



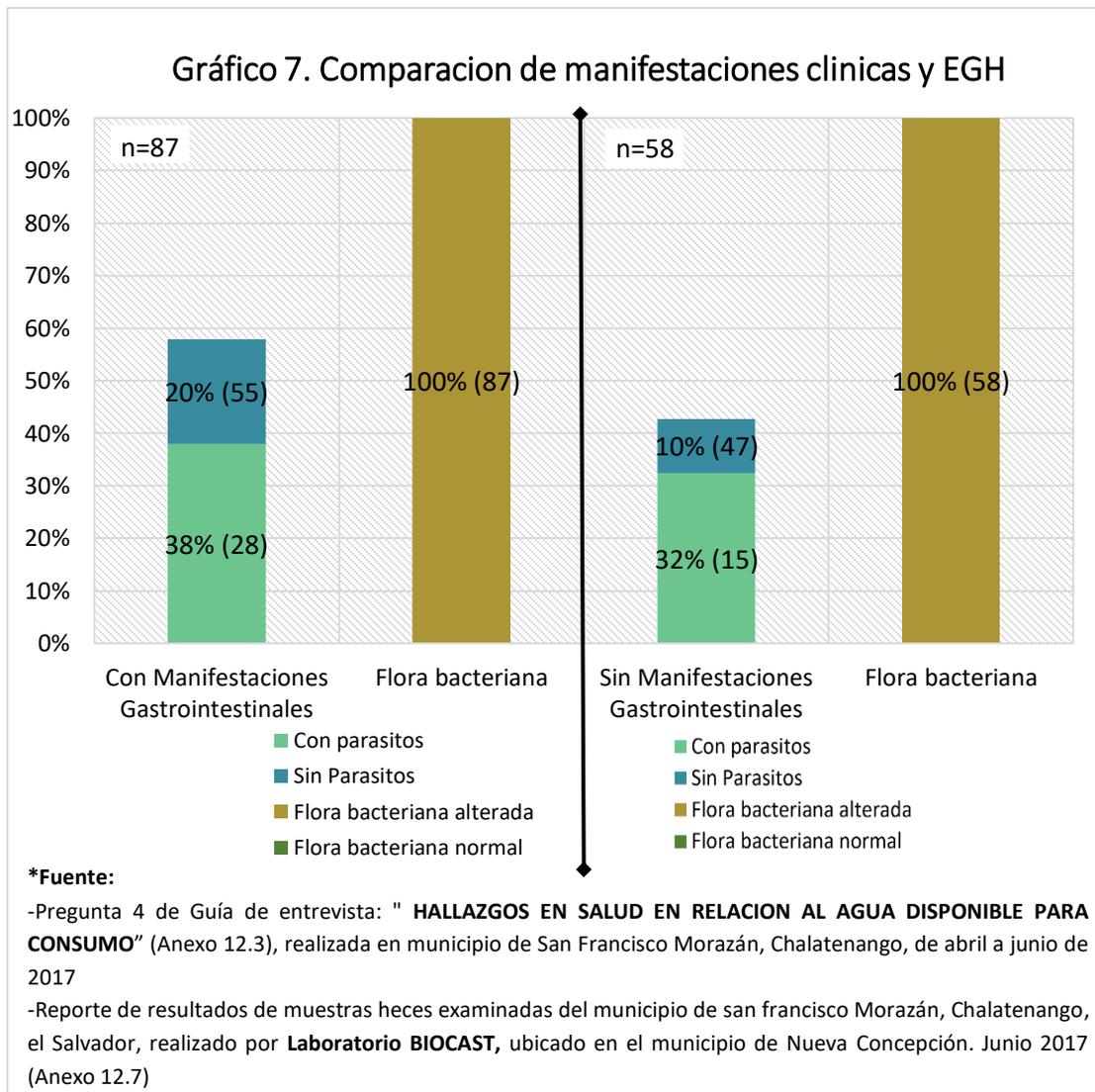
**Grafico 5:** Se observa que la población total que ha sufrido manifestaciones gastrointestinales 29% ha buscado asistencia médica, el resto, 60% no lo ha hecho por diferentes motivos de los cuales el 28% no responde, 25% usa remedios caseros, 22% piensa que se les quitara solo; 22% no busca asistencia médica por falta de tiempo y el 2% menciona que tiene otras causas para no consultar.

## 2.4. Examen General de Heces



**Grafico 6:** Respecto a los resultados sobre de los exámenes general de heces realizado a la población estudio se destaca que: en el 100% de las muestras resultaron con flora bacteriana alterada; así mismo, 70% de las muestras resultaron positivas con algún tipo de parásito de los cuales el más frecuente (38%) es Entamoeba Histolytica, seguido de Endolimax nana con 35%, Giardia lamblia con 19% y Entamoeba coli con 8%.

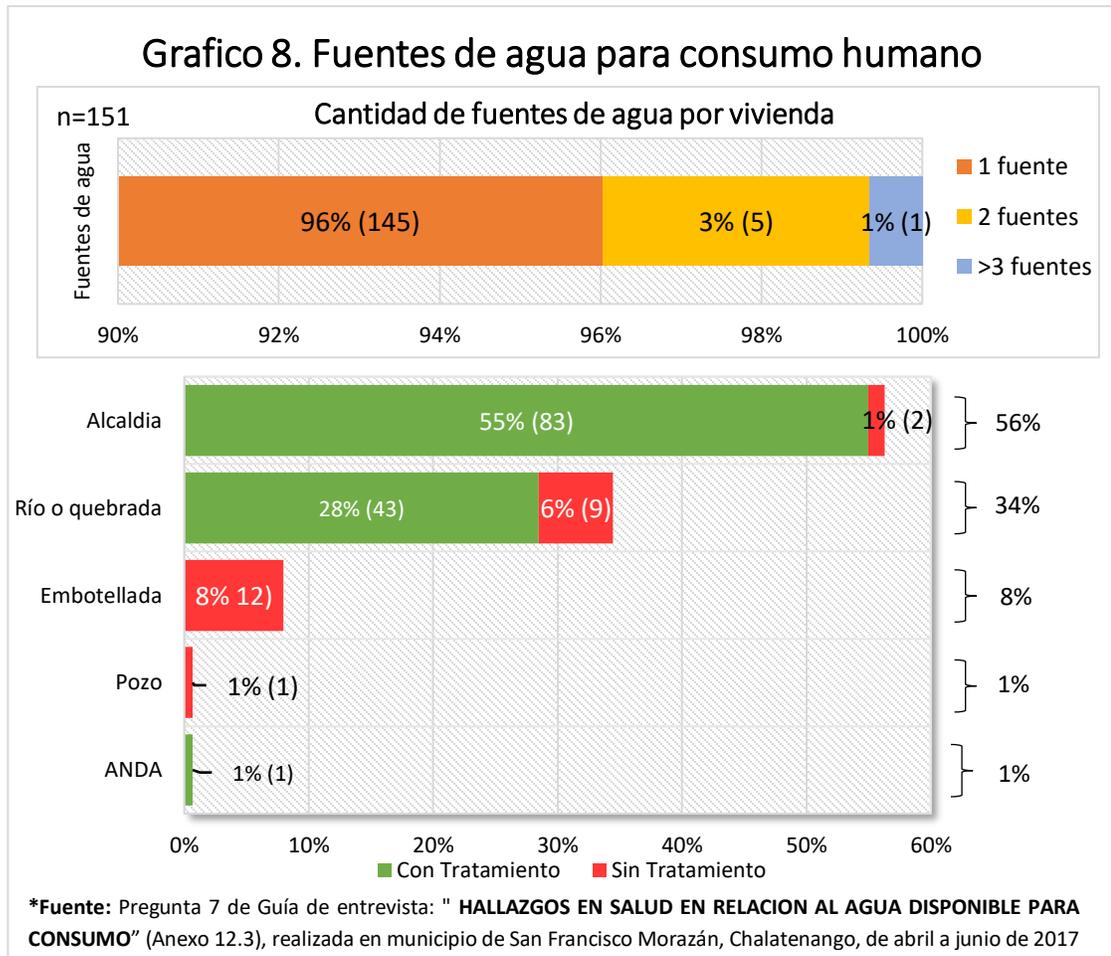
## 2.5. Manifestaciones clínicas y resultados de EGH



**Gráfico 7:** Se observa la comparación entre la población con manifestaciones clínicas gastrointestinales y el resultado de el examen general de heces, destacando que, la población con alguna sintomatología el 38% evidenciaron parásitos en el EGH contra un 19% que no; la población que no manifestó sintomatología gastrointestinal el 33% si mostros parasitismo en el EGH un 10% no. Así mismo toda la población mantiene flora bacteriana alterada.

### Objetivo 3: Fuentes de agua de consumo humano disponibles en la población estudio

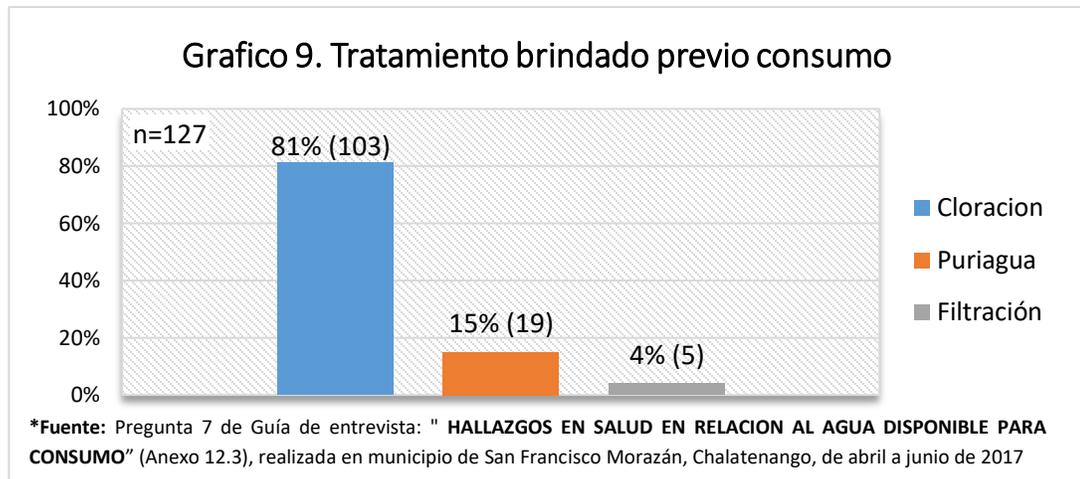
#### 3.1 Fuentes de agua para consumo humano y tratamiento.



**Grafico 8:** Se observa que el agua administrada por la Alcaldía Municipal es utilizada en un 56% -desglosando que el 55% recibe tratamiento previo ingesta contra el 1% que no-. Se consume agua proveniente de ríos o quebradas en un 34% -tratándose previa ingesta el 28% si y el 6% no-. El agua embotellada es consumida en 8% -sin tratamiento previo ingesta-, y por último en un 1% son usados pozos como fuentes de agua -sin tratamiento previo ingesta-. Agua proveniente de ANDA es utilizada en 1% -de igual manera sin tratamiento previo ingesta-.

## Objetivo 4: Tratamientos brindados al agua de consumo humano previo a su ingesta

### 4.1 Tratamientos brindados al agua disponible para consumo humano



**Grafico 9:** Con los tratamientos brindados por la población al agua disponible para consumo humano previo ingesta, se observa que en su mayoría (81%) utiliza la cloración, seguido del 19% quienes utilizan puriagua y 4% filtración.

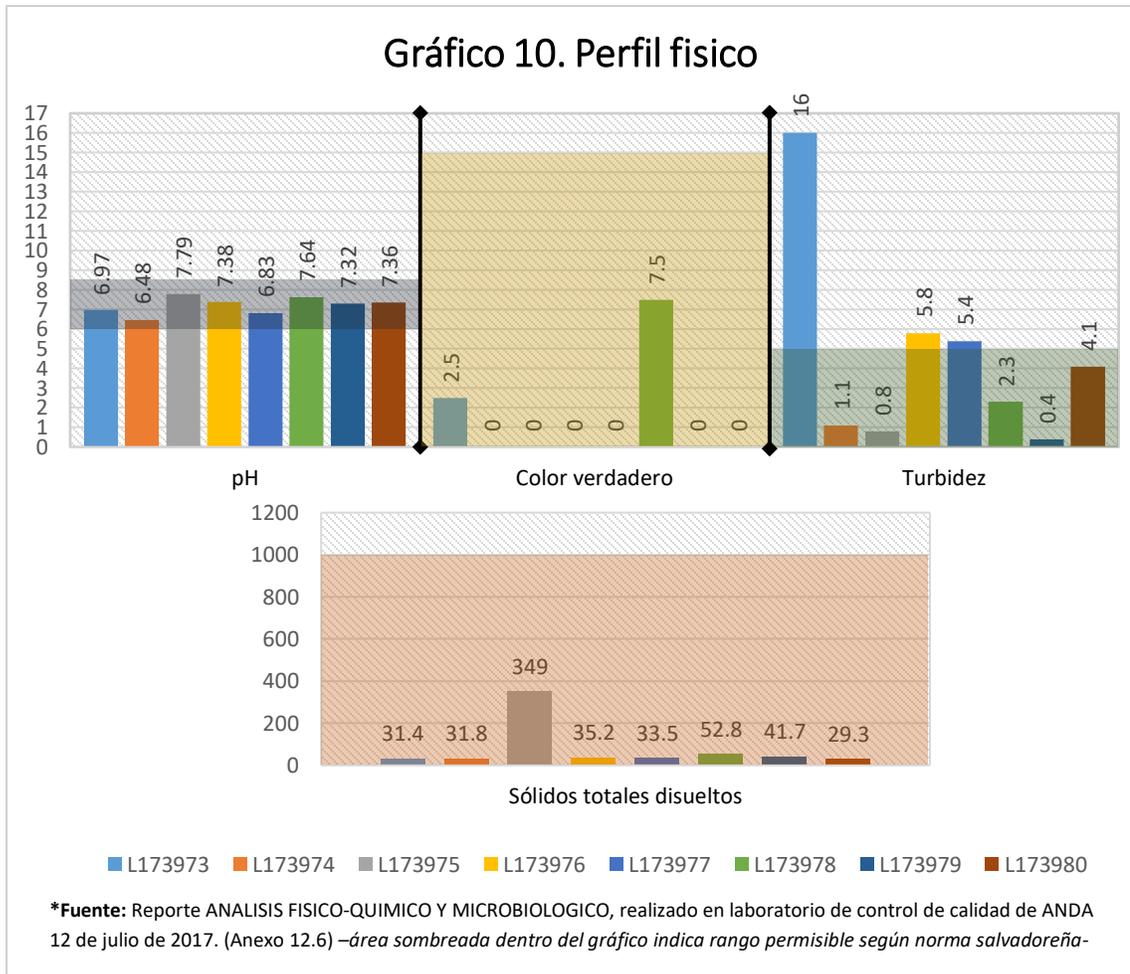
## Objetivo 5: Calidad de agua disponible para consumo humano en la zona urbana y rural del municipio de San Francisco Morazán a través de su análisis físico-químico y microbiológico

Codificación de resultados de análisis de la calidad de agua:

L173973	Plan del Horno
L173974	Vuelta del Jarro
L173975	Parvitas
L173976	Higueral
L173977	Teosinte
L173978	Caserío las flores
L173979	Tremedal
L173980	Barrio las flores

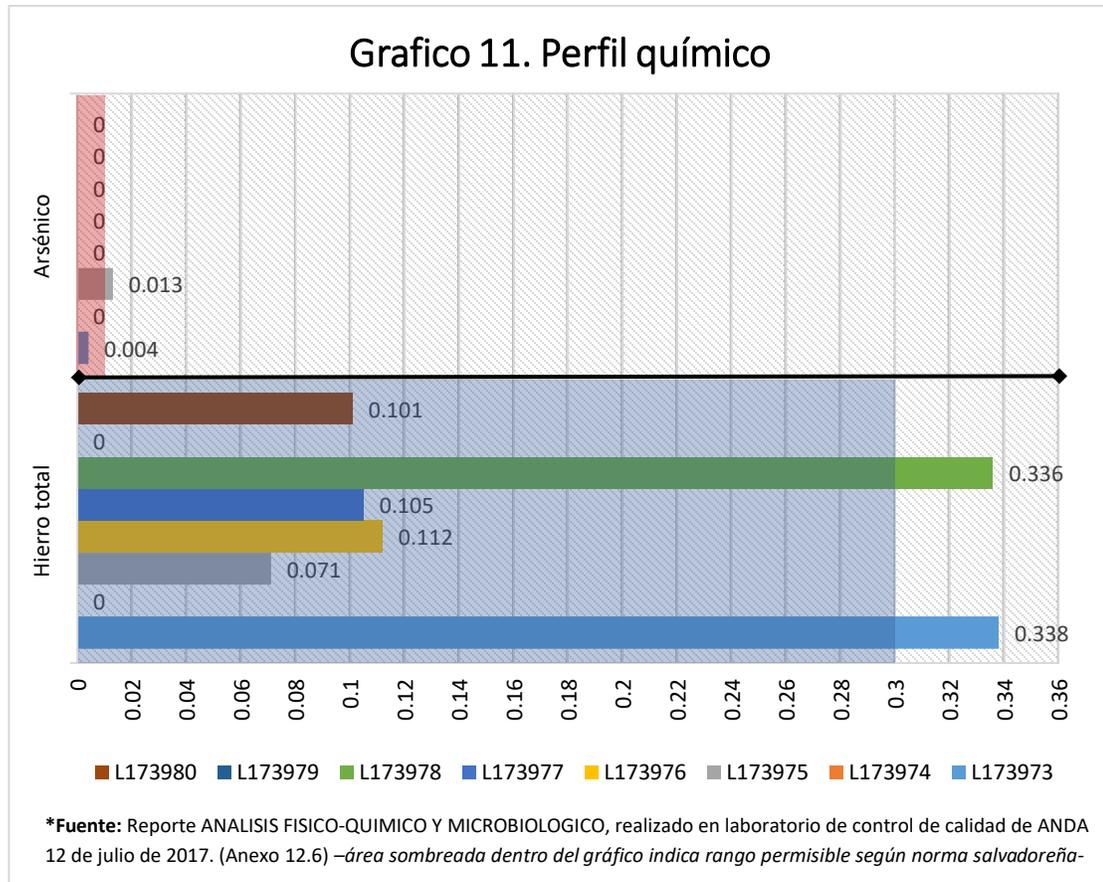
A continuación, se destacan los principales resultados del análisis realizado por ANDA

## 5.1. Perfil físico



**Gráfico 10:** En el perfil físico las muestras L173973, L173976 y L173977 provenientes de Plan del Horno, Higueral y Teosintes (caseríos del municipio de San Francisco Morazán) evidenciaron turbidez alterada destacando que en Plan del Horno se encontró a más del triple de lo permitido por la norma salvadoreña de agua. El resto de parámetros se encontraron dentro de valores permisibles.

## 5.2. Perfil químico



**Gráfico 11:** Se observa alteración en la muestra **L173978** y **L173973** proveniente del caserío Las Flores y Plan del Horno, donde el Hierro total se encuentra con un valor levemente por arriba del límite permisible por la norma salvadoreña de agua.

En el perfil químico de sustancias de alto riesgo sanitario, se observa alteración en la muestra **L173975** proveniente del caserío Parvitas, donde el arsénico se encuentra con un valor levemente por arriba del límite permisible por la norma salvadoreña de agua. El resto de parámetros de las demás muestras se reportan dentro de los límites permisibles.

**Tabla 1. Cloro Residual y Perfil Microbiológico**

	Cloro Residual		Perfil Microbiológico			
			Coliformes Totales		Escherichia coli	
	Valor	LPM	Valor	LPM	Valor	LPM
L173973	0.0*	0.3-1.1	>23*	<1.1	>23*	<1.1
L173974	0.0*	0.3-1.1	9.2*	<1.1	<1.1	<1.1
L173975	0.0*	0.3-1.1	>23*	<1.1	>23*	<1.1
L173976	0.0*	0.3-1.1	>23*	<1.1	5.1*	<1.1
L173977	0.0*	0.3-1.1	>23*	<1.1	9.2*	<1.1
L173978	0.0*	0.3-1.1	>23*	<1.1	>23*	<1.1
L173979	0.0*	0.3-1.1	16*	<1.1	6.9*	<1.1
L173980	0.0*	0.3-1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1

Fuente: Reporte ANALISIS FISICO-QUIMICO Y MICROBIOLOGICO, realizado en laboratorio de control de calidad de ANDA 12 de julio de 2017. (Anexo 12.6)

\*Valor alterado

**Tabla 1:** El perfil de **cloro residual** de las muestras recolectadas reportaron ausencia absoluta del mismo en todas las muestras, donde el mismo debe de oscilar entre 0.3 y 1.1, sin embargo, todas las muestras mostraron 0.0 en su nivel de cloro residual.

No se evidencia la existencia de un sistema de cloración adecuado en los diferentes abastecimientos de agua para los diferentes caseríos

Respecto al **perfil microbiológico** se observa que a excepción de: la muestra **L173974** proveniente de Vuelta del Jarro, donde se reporta Escherichia coli dentro de norma y la muestra **L173980** proveniente del Barrio las Flores, donde tanto los valores de Coliformes totales como Escherichia coli están dentro de norma; a excepción de las antes mencionadas, todas las demás presentan alteración muy marcada tanto en Coliformes totales como en valores de Escherichia coli que las hacen incumplir con los límites permisibles por la norma salvadoreña de agua.

En resumen, el 87.5% de las muestras de agua analizadas mostraron contaminación con Coliformes fecales y el 75% de las mismas resultaron positivas a Escherichia Coli.

Adicionalmente, en LABORATORIO CLINICO BIOCAST, se llevaron muestras de agua con el fin de identificar la presencia o ausencia de parásitos, resultados se muestran a continuación:

**Tabla 2. Análisis parasitológico de agua para consumo humano, municipio de San Francisco Morazán, Chalatenango, El Salvador (09/07/2017)**

Lugar de recolección de la muestra	Resultados
Plan del Horno	Negativo
Caserío Las Flores	Negativo
Parvitas	Negativo
Tremedal	Negativo
Barrio el Centro	Negativo
Vuelta el Jarro	Negativo
Higueral	Endolimax nana
Teosinte	Negativo

**Fuente:** Reporte ANALISIS PARASITOLÓGICO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO, DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO MORAZAN, CAHALATENANGO, EL SALVADOR (09/07/2017), realizado en laboratorio clínico BIOCAST de Nueva Concepción, Chalatenango. (Anexo 12.8)

**\*Técnica Utilizada:** Sedimentación por centrifugación con Formol-Éter

**Tabla 2:** Se observa que en la muestra de agua en el canto el Higueral resulto positivo a Endolimax nana, el resto de muestras no mostraron presencia de parásitos.

## 8. DISCUSIÓN

- ✚ La población estudio es predominantemente del sexo femenino 2:1, y joven-adulto concentrada en las edades de 18 a 50 años. Concordante con la tendencia observada en el ASSI 2014 del municipio.
- ✚ Más de la mitad de la población (60%) >18 años se dedica a labores domésticas es poca la población que se dedique a estudiar (11%) o tener un empleo calificado (4%), lo cual dificulta el crecimiento económico familiar.
- ✚ En la escolaridad casi la mitad (47.6%) ha alcanzado algún grado de la educación básica.
- ✚ Aproximadamente dos terceras partes (58%) de la población en estudio ha presentado algún signo o síntoma gastrointestinal de estos predomina el dolor abdominal, diarrea, náuseas y vómitos (juntos suman 92%).
- ✚ De la población con manifestaciones clínicas gastrointestinales, dos terceras partes (71%) no busca asistencia médica. Esta tendencia puede ser influencia por la baja escolaridad lo que dificultad la concienciación respecto a la salud.
- ✚ En el EGH realizado a la población resultaron positivas a parásitos (Protozoarios); *Entamoeba histolytica* y *Giardia lamblia* (57%), así mismo Endolimax nana (35%) que refleja según marco teórico deficientes hábitos higiénicos y riesgo de contraer en el futuro algún parasito patógeno.

- ✚ Comparando la población con y sin manifestaciones clínicas gastrointestinales; se evidencia que muestra similitudes en cuanto a la positividad del EGH.
  
- ✚ El 96% de la población tiene al menos un suministro de agua para consumo humano, el 3% posee 2 suministros distintos y el 1% posee hasta 3.
  
- ✚ Más de la mitad de la población consume agua administrada por la Alcaldía Municipal (56%), sin embargo, un tercio (34%) de la población se abastece de ríos o quebrada. Esto representa un riesgo sanitario ya que buena parte de la población utiliza aguas crudas provenientes de ríos o quebradas.
  
- ✚ De los metales pesados analizados, el **hierro total** y **arsénico** se encontraron fuera del límite permisible de la norma salvadoreña de agua en 3 de las 8 muestras.
  
- ✚ El 87.5% de las muestras de agua analizadas mostro contaminación con Coliformes fecales y el 75% de las mismas resultaron positivas a Escherichia Coli.

## 9. CONCLUSIONES

- ✓ Predomina la población joven-adulta quienes realizan labores domésticas como ocupación principal, destaca la baja escolaridad, quienes alcanzan algún grado académico han logrado educación básica.
- ✓ A pesar de la presencia de manifestaciones clínicas gastrointestinales, es deficiente la concienciación respecto a la búsqueda de asistencia médica oportuna, esta conducta dificulta que la población alcance un estado de salud integral.
- ✓ Existe riesgo sanitario derivado del predominio de parasitismo intestinal en el 70% de la población, principalmente protozoarios.
- ✓ La presencia o ausencia de manifestaciones clínicas gastrointestinales no se correlaciona con la positividad EGH.
- ✓ A pesar que la mayoría de la población recibe agua administrada por la alcaldía municipal, en los análisis realizados a todas las muestras y certificadas por ANDA no se encontró cloro residual
- ✓ Es mínima la utilización de métodos caseros que aseguren una mejoría de la calidad de agua para consumo humano, lo cual puede estar influyendo en la salud de la población, evidenciado en los resultados de los EGH.
- ✓ La población que utiliza agua proveniente de ríos y quebradas se expone a riesgos nocivos para su salud sino recibe un tratamiento tecnificado para su purificación.

- ✓ La calidad de agua disponible para consumo humano analizada en 8 puntos del municipio resume que está contaminada y no es apta para consumo humano.
  
- ✓ Existe un alto riesgo sanitario por el metal pesado hallado en una muestra (Arsénico), respecto al perfil microbiológico, es notoria la contaminación con Coliformes fecales (87.5%) y Escherichia coli (75%) en el agua utilizada para consumo humano.

## 10. RECOMENDACIONES

### **A las autoridades competentes (Alcaldía, Ministerio de salud y UCSF San Francisco Morazán:**

- ✓ Garantizar el abastecimiento de los hogares con agua apta para consumo humano, a través de la instalación de un adecuado sistema de cloración en las zonas de captación de agua que prevenga la contaminación del agua con microorganismos.
- ✓ Realizar análisis de la calidad de agua periódicamente según lo establecido en la norma de agua salvadoreña.
- ✓ Incentivar en la población la promoción de salud respecto a la búsqueda de asistencia médica, al presentar alguna sintomatología gastrointestinal para una correcta evaluación médica y evitar complicaciones futuras.
- ✓ Solicitar apoyo a entidades gubernamentales (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) y/o ONG's para la colocación de filtros antes y después de los tanques de captación de agua para evitar la contaminación con metales pesados y prevenir complicaciones en la salud de la población.
- ✓ Reunir al personal encargado del tratamiento del agua en el municipio ya que ANDA ha ofrecido capacitar sobre la correcta instalación de un sistema de cloración y su mantenimiento para cumplir con estándares de calidad.

**Al equipo investigador:**

- ✓ Por recomendación del ANDA, realizar muestreo en los nacimientos o fuente de agua de las zonas que resultaron contaminadas con metales pesados fuera de norma, en específico: Cantón Plan del Horno, Caserío las Flores y Parvitas. Acción ya en proceso de ejecución por el equipo de investigación con el apoyo de ANDA.
- ✓ Solicitar el apoyo de entes gubernamentales (Ministerio de Salud) y/o ONG's para desparasitación preventiva por el hallazgo de Entamoeba histolytica y Giardia lamblia ante la poca disposición de la población a buscar asistencia médica.

**A la Universidad de El Salvador:**

- ✓ Motivar a los/as estudiantes activos, así como egresados/as de las diferentes carreras en salud, la realización de trabajos de investigación con impacto social en pro de mejorar la salud integral de la población.
- ✓ Facilitar el apoyo técnico y logístico, a través del asesoramiento estadístico y metodología investigativa que permitan el desarrollo de estudios innovadores y de gran provecho para la población.

**A la población:**

- ✓ Evitar en lo posible el consumo de agua directo de fuentes naturales como ríos o quebradas sin ningún tratamiento.
- ✓ En caso de tener que consumir agua directo de ríos o quebradas, aplicar medidas rigurosas de desinfección (PURIAGUA, desinfección solar, ebullición, etc.) y establecer un mecanismo de control.

- ✓ Mejorar la promoción de hábitos higiénicos en todos los niveles (escuela, comunitario, familiar) por las instituciones sanitarias, sobre todo lo concerniente a la preparación de alimentos y al consumo de los mismos, aplicando las reglas de Oro de la OMS para la preparación higiénica de los alimentos (Anexo 12.10)
  1. Lavarse las manos a menudo.
  2. Mantener escrupulosamente limpias las superficies de manipulación de alimentos
  3. Utilizar agua potable
  
- ✓ Ante la presencia de signos y/o síntomas gastrointestinales acudir al centro de salud más cercano para una adecuada evaluación y prevenir complicaciones.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ✚ BROCK, D.; MADIGAN, M.; MARTINKO, J. Y PARKER J. (2000) "Biology of microorganismos". Prentice-Hall international, Inc. Disponible en: <http://www.im.microbios.org/10june00/12%20Book%20reviews.pdf>.
  
- ✚ M. ESPIGARES GARCÍA Virus en aguas de consumo Hig. Sanid. Ambient. 6: 173-189 (2006). Disponible en: [http://www.saludpublica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510159f5f2fa3\\_Hig.Sanid.Ambient.6.173-189\(2006\).pdf](http://www.saludpublica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510159f5f2fa3_Hig.Sanid.Ambient.6.173-189(2006).pdf)
  
- ✚ OPS, OMS. 1996. La calidad del agua potable en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química. Washington D. C.: Ilsi Press.  
Disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/contenido/6628.PDF>
  
- ✚ OMS. 1998. Guidelines for Drinking Quality. Vol. 2. Health Criteria and Other Supporting Information. Pathogenic Agents. Ginebra: OMS.  
Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/2edaddvol2a.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edaddvol2a.pdf)
  
- ✚ Millipore (1991) Manual AB323/P. Microbiología de aguas. Mora, D. (1996).  
Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/manual%20 analisis%20basicos%20CA.pdf>
  
- ✚ Miguel Parra, Johny Durango, Salim Máta. MICROBIOLOGÍA, PATOGÉNESIS, EPIDEMIOLOGÍA, CLÍNICA Y DIAGNÓSTICO DE LAS INFECCIONES PRODUCIDAS POR Salmonella. MVZ-CÓRDOBA 2002; 7:(2), 187-200. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/693/69370201.pdf>

- ✚ FERNANDO PAREDES SALIDO y JUAN JOSÉ ROCA FERNÁNDEZ. Infecciones gastrointestinales. Tipos, diagnóstico y tratamiento. VOL 23. NÚM 5. MAYO 2004. Disponible en: [www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13061801-S300](http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13061801-S300)
  
- ✚ Cuerpo de Ingenieros De los Estados Unidos de America. EVALUACIÓN DE RECURSOS de AGUA de LA REPUBLICA de EL SALVADOR. Distrito de Mobile y Centro de Ingeniería Topográfica. October 1998.  
Disponible en:  
[www.sam.usace.army.mil/Portals/46/docs/military/engineering/docs/WRA/EISalvador/EI%20Salvador%20WRA%20Spanish.pdf](http://www.sam.usace.army.mil/Portals/46/docs/military/engineering/docs/WRA/EISalvador/EI%20Salvador%20WRA%20Spanish.pdf)
  
- ✚ NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA. AGUA, AGUA POTABLE. Publicada en el Diario Oficial el 12 de Junio de 2009, tomo 383. Número. 109. EL SALVADOR C.A. NSO 13.07.01:08. Disponible en: [http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/normas/NORMA\\_AGUA\\_POTABLE\\_2\\_a.pdf](http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/normas/NORMA_AGUA_POTABLE_2_a.pdf)
  
- ✚ Organización Mundial de la Salud, Guías para la calidad del agua potable, Ginebra, 1, 195, (2004).  
Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3sp.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3sp.pdf)
  
- ✚ CEPIS, OPS /OMS (2004/2006). Tratamiento de agua para consumo humano. Manual I: Teoría. Tomos I y II. Lima.  
Disponible en:  
<http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/id/5657/BIV00012.pdf>

- ✚ Chilluncuy Camacho, Nadia Cristina Tratamiento de agua para consumo humano Ingeniería Industrial, núm. 29, 2011, pp. 153-170 Universidad de Lima, Lima, Perú.

Disponible en:

[https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/download/.../208](https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/download/.../208)
  
- ✚ Arturo González H., Alejandra Martín D., Rosario Figueroa. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO Y DESINFECCIÓN DE AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/mexicona/R-0060.pdf>
  
- ✚ Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SNET. “BALANCE HÍDRICO INTEGRADO Y DINÁMICO EN EL SALVADOR, Componente evaluación de Recursos hídricos”. 2005. 118 p.

Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrico.pdf>
  
- ✚ VÍCTOR ALBERTO LEÓN DELGADO.,(2013); Tesis “CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA ZONA SUR DEL MUNICIPIO DE CHALATENANGO, LIMÍTROFE CON EL EMBALSE CERRON GRANDE. Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.

Disponible en:

<http://ri.ues.edu.sv/3401/1/Caracterizaci%C3%B3n%20hidrogeol%C3%B3gica%20de%20la%20zona%20sur%20del%20municipio%20de%20Chalatenango%20lim%C3%ADtrofe%20con%20el%20Embalse%20Cerr%C3%B3n%20Grande.pdf>
  
- ✚ DONADO GARZON, Leonardo David. “Hidrogeoquímica”. Universidad Nacional de Colombia. 1999. 33 p.

Disponible en:

[http://www.docentes.unal.edu.co/lldonadog/docs/Presentations/Donado\\_1999a.pdf](http://www.docentes.unal.edu.co/lldonadog/docs/Presentations/Donado_1999a.pdf)

- ✚ ECHARRI, Luis. “Contaminación del agua”. Universidad de Navarra. 2007.

Disponible en: [http://uecaranavibolivia.com/files/unidad\\_ii\\_3ronino.pdf](http://uecaranavibolivia.com/files/unidad_ii_3ronino.pdf)

- ✚ “ASPECTOS TECNICOS EN EL MANEJO Y TRATAMIENTO DEL AGUA EN LA VIVIENDA URBANA DE EL SALVADOR.”. MEMORIA DE LABORES ANDA, 2011

Disponible en:

<http://www.anda.gob.sv/wp-content/uploads/2015/03/Memoria20111.pdf>

- ✚ Nelson Cuéllar. **LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN EL SALVADOR.** PROGRAMA SALVADOREÑO DE INVESTIGACIÓN SOBRE DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE. N. 43. 2001.

Disponible en:

[http://www.prisma.org.sv/uploads/media/bol43\\_la\\_contaminacion\\_del\\_agua\\_en\\_ESV.pdf](http://www.prisma.org.sv/uploads/media/bol43_la_contaminacion_del_agua_en_ESV.pdf)

- ✚ Yulieth C. Reyes, Inés Vergara, Omar E. Torres, Mercedes Díaz, Edgar E. González. **HEAVY METALS CONTAMINATION: IMPLICATIONS FOR HEALTH AND FOOD SAFETY.** Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 N° 2, Julio-Diciembre 2016, pp. 66-77, Sogamoso-Boyacá. Colombia.

Disponible en:

[http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria\\_sogamoso/article/view/5447/4518](http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5447/4518)

- ✚ Beaver Paul Chester, Jung Rodney Clifton. **PARASITOLOGIA CLINICA.** 2 edición capitulo 9. Pag 140-145.

# 12. ANEXOS

## **ANEXO 12.1 GLOSARIO**

**ADESCOS:** Asociaciones de Desarrollo Comunal, son asociaciones legales de un grupo de personas que habitan en una misma comunidad y que tiene como principal finalidad el mejoramiento y desarrollo de la misma y de sus habitantes, aunque éstos no pertenezcan a la ADESCO.

**ANDA:** Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

**ECOSF:** Equipos Comunitarios de Salud Familiar.

**MINSAL:** Ministerio de Salud de El Salvador.

**FOSALUD:** Fondo Solidario para la Salud creado como una entidad de derecho público, de carácter técnico, de utilidad pública, de duración indefinida y con personalidad jurídica y patrimonio propio, con plena autonomía en el ejercicio de sus funciones, tanto en lo financiero como en lo administrativo y presupuestario, adscrita al Ministerio de Salud.

**UCSF:** Unidad Comunitaria de Salud Familiar.

**OMS:** es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial.

**OPS:** Organización Panamericana para la Salud.

**Patógeno:** es todo agente que puede producir enfermedad o daño a la biología de un huésped, sea humano, animal o vegetal.

**Hospedador:** En biología, se llama huésped, hospedador, hospedante y hospedero a aquel organismo que alberga a otro en su interior o que lo porta sobre sí, ya sea en una simbiosis de comensal o un mutualista.

**Biodegradación** es la característica de algunas sustancias químicas de poder ser utilizadas como sustrato por microorganismos, que las emplean para producir energía (por respiración celular) y crear otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos

**Eutrofización:** Acumulación de residuos orgánicos en el litoral marino o en un lago, laguna, embalse, etc., que causa la proliferación de ciertas algas.

**Trihalometanos:** compuestos químicos volátiles que se generan durante el proceso de potabilización del agua por la reacción de la materia orgánica, aún no tratada, con el cloro utilizado para desinfectar. En esta reacción se reemplazan tres de los cuatro átomos de hidrógeno del metano (CH<sub>4</sub>) por átomos halógenos.

**Cianobacterias** *algas verdeazuladas*, son un filo del dominio *Bacteria* que comprende las bacterias capaces de realizar fotosíntesis oxigénica.

**Decantación** método físico para la separación de mezclas heterogéneas, se separa un sólido o líquido más denso de otro fluido menos denso y que por lo tanto ocupa la parte superior de la mezcla

**Floculo:** grumo de materia orgánica formado por agregación de sólidos en suspensión.

**Epidemia:** es una descripción en la salud comunitaria que ocurre cuando una enfermedad afecta a un número de individuos superior al esperado en una población durante un tiempo determinado.

**Cólera:** enfermedad diarreica aguda causada por la ingestión de alimentos o agua contaminados con el bacilo *Vibrio cholerae*.

**Disentería:** es trastorno inflamatorio del intestino, especialmente del colon, que produce diarrea grave que contiene moco y/o sangre en las heces.

**Poliomielitis** es una enfermedad muy contagiosa que afecta principalmente a los niños. El virus se transmite de persona a persona principalmente por vía fecal-oral o, con menos frecuencia, a través de un vehículo común, como el agua o los alimentos contaminados, y se multiplica en el intestino desde donde invade el sistema nervioso y puede causar parálisis.

**Aguas Residuales:** son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas domésticas y urbanas, y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales)

**Dichlorodiphenyl trichloroethane (DDT):** es un compuesto organoclorado principal de los insecticidas. Es incoloro. Es muy soluble en las grasas y en disolventes orgánicos, y prácticamente insoluble en agua. Su peso molecular es de 354 g/mol.

**Periodo de incubación:** tiempo comprendido entre la exposición a un organismo, químico o radiación patogénico, y cuando los signos y síntomas aparecen por primera vez.

**Comensal:** forma de interacción biológica en la que uno de los intervinientes obtiene un beneficio, mientras que el otro no se perjudica ni se beneficia.

**Quebrada:** es un arroyo, río pequeño o riachuelo, de poco caudal si se compara con un río promedio, y no apto para la navegación o la pesca significativa

**Pozo:** Excavación que se hace en la tierra ahondando hasta encontrar una vena de agua aprovechable.

**UNT: Método nefelométrico :** es una unidad utilizada para medir la turbidez de un fluido, sólo líquidos y no aplicable a gases o atmósfera.

**Resistividad eléctrica:** cuantifica la fuerza con la que se opone un material dado al flujo de corriente eléctrica. Una resistividad baja indica un material que permite fácilmente el movimiento de carga eléctrica. Los metales de resistencia baja, por ej. el cobre, requieren mayores corrientes para producir la misma cantidad de calor. Los materiales de resistencia baja también exhiben una baja resistencia constante.

**Hidrolización:** es una reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos pasan a formar parte de otra especie química. Esta reacción es importante por el gran número de contextos en los que el agua actúa como disolvente.

**pH:** es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidrógeno  $[H]^+$  presentes en determinadas disoluciones

**UFC:** Unidades formadoras de colonias.

**LMP:** Límite máximo permisible

**NMP/ ml EL METODO DE NUMERO MAS PROBABLE:** es una estrategia eficiente de estimación de densidades poblacionales especialmente cuando una evaluación cuantitativa de células individuales no es factible. La técnica se basa en la determinación de presencia o ausencia (pos o neg) en réplicas de diluciones consecutivas de atributos particulares de microorganismos presentes en muestras de suelo u otros ambientes.

**PtCO:** Escala de platino-cobalto o escala APHA-Hazen, es una escala estandarizada para evaluar el color de agua específicamente diseñado para detectar los tonos amarillos típicos de las aguas residuales urbanas y agua que contiene materia orgánica.

## 12.2. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Propuestas de tema de investigación			X																													
Primera asesoría y elaboración de PLAN DE TRABAJO				X	X																											
Elaboración de Perfil de Investigación y entrega						X																										
Segunda asesoría y elaboración de primer avance de Protocolo de investigación										X	X																					
Entrega de borrador de protocolo a asesor metodológico													X																			
Tercera asesoría y elaboración de protocolo de investigación.														X																		
Entrega de protocolo														X																		
Aplicación e instrumento y recolección de información														X	X	X	X	X														
Procesamiento y análisis de información recolectada														X	X	X	X	X	X													
Cuarta asesoría y Primer avance de informe final																				X												
Entrega de informe final																							X									
Defensa publica																														X	X	



## ANEXO 12.3 GUIA DE ENTREVISTA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE MEDICINA

Vivienda #

### “HALLAZGOS EN SALUD EN RELACION AL AGUA DISPONIBLE PARA CONSUMO”.

**OBJETIVO GENERAL:** Describir los hallazgos en la salud relacionados con el agua disponible para consumo humano en el municipio de San Francisco Morazán, Chalatenango de abril a junio de 2017

#### INDICACIONES:

- ❖ Utilizar un instrumento por persona entrevistada (la cual debe de ser mayor de edad)
- ❖ La información recolectada es de carácter ANONIMO.
- ❖ Para recolectar la información el entrevistador/a debe explicar al entrevistado/a que las preguntas buscan recolectar información
- ❖ En cada interrogante están posibles respuestas para guiar al entrevistador/a
- ❖ Escribir la respuesta espontánea, tal cual, la expresa el/la entrevistado/a

#### DATOS GENERALES

1. Edad del entrevistado/a:

- 18-35  
 36-50  
 51-65  
 >65

:

Sexo del Entrevistado/a

M  F

2. Ocupación

- Empleado (a)  
 Estudiante  
 Labores domesticas  
 Ninguno  
 Otras: \_\_\_\_\_

3. Escolaridad

- Básica  
 Media  
 Superior  
 Ninguna

MANIFESTACIONES GASTROINTESTINALES

4. ¿Ha percibido recientemente alguno de los siguientes signos o síntomas? (puede seleccionar más de una)

- Diarrea
- Dolor abdominal
- Disentería
- Nauseas o vómitos
- Fiebre en combinación con sintomatología abdominal
- Ninguno
- Otro: \_\_\_\_\_

5. Si en la pregunta anterior señaló algún signo o síntoma, responda: ¿Ha buscado asistencia médica?

- Sí
- No

6. Si la respuesta anterior es no, ¿Por qué?

- No tengo tiempo de ir a la Unidad de Salud o me queda inaccesible
- Uso remedios caseros y/o me auto medico
- Se quitará solo, no le tomo importancia
- Ninguno
- Otras: \_\_\_\_\_

FUENTES DE AGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO

7. A continuación se presenta una matriz donde podrá señalar la(s) fuente(s) que utiliza para obtener el agua de consumo humano y si se la aplica o no algún tratamiento antes de consumirla.

	Fuente	Tratamiento		Si recibe tratamiento, especifique de que tipo	
		Si	No		
	EMBOTELLADA*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	ANDA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	ALCALDIA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	RIO/QUEBRADA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	POZO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	LLUVIA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

\*Purificada Industrialmente

## ANEXO 12.4 FICHA CAPTURADORA DE INFORMACION BIBLIOGRAFICA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE MEDICINA

**“HALLAZGOS EN SALUD EN RELACION AL AGUA DISPONIBLE PARA CONSUMO”.**

**OBJETIVO GENERAL:** Describir los hallazgos en la salud relacionados con el agua disponible para consumo humano en el municipio de San Francisco Morazán, Chalatenango de abril a junio de 2017

<b>Autor:</b>	<b>Lugar de publicación:</b>
<b>Título:</b>	
<b>Año:</b>	
<b>Resumen del contenido:</b>	

## ANEXO 12.5 FORMATO CONSENTIMIENTO INFORMADO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE MEDICINA

Vivienda #

### “HALLAZGOS EN SALUD EN RELACION AL AGUA DISPONIBLE PARA CONSUMO”.

**OBJETIVO GENERAL:** Describir los hallazgos en la salud relacionados con el agua disponible para consumo humano en el municipio de San Francisco Morazán, Chalatenango de abril a junio de 2017

Yo:

\_\_\_\_\_

de: \_\_\_\_ años de edad, con domicilio: \_\_\_\_\_,

certifico que se me ha explicado ampliamente el propósito y metodología a utilizar en el desarrollo del estudio en el municipio y por lo tanto consiento voluntariamente involucrarme en esta investigación como participante y colaborar para el buen término del proceso investigativo y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera mi integridad, además que ninguna de la información brindada por mi persona será utilizada para vulnerar mi privacidad.

Firma del Participante \_\_\_\_\_

Huella digital:

Fecha \_\_\_\_\_

**ANEXO 12.6 análisis de la calidad de agua realizado por el laboratorio de control de calidad de ANDA (Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillado)**



GOBIERNO DE  
**EL SALVADOR**  
UNÁMONOS PARA CRECER

San Salvador, 12 de Julio del 2017  
Ref.: 52.0586.2017

**SEÑORES**  
**LIC. DOUGLAS ERNESTO GARCIA**  
Presente

A través de la presente remito Resultados de Análisis, según detalle:

Tipo	Referencia
NORMAL	L17 3973-3980

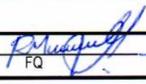
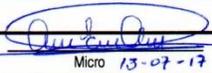
SOLICITADO DE CARÁCTER URGENTE

Atentamente,

**ANTONIO HERNÁNDEZ ACEVEDO**  
Encargado de Recepción de Muestras



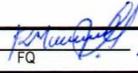
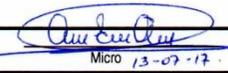
**ANDA**  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD Y CONTROL  
DE CONTAMINANTES EN EL AGUA  
CORRESPONDENCIA RECIBIDA  
Fecha: 13 JUL 2017 Hora: 11:51  
ma: *Nery*

 LABORATORIO DE CALIDAD	<b>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</b>		CODIGO: PG-28F1	
	<b>REGISTRO</b>		N° <u>L173973</u>	
	<b>NOMBRE: INFORME DE ENSAYO DE AGUA</b>		PAGINA: 1 de 1	
Código de Muestra: 0		Identificación de Muestra: L173973		
Cliente: REQUERIMIENTO ESPECIAL		Fecha de Recepción: 04-07-2017 Hora: 15:36		
Dirección: PAN DEL HORNO		Fecha de Análisis: 04-07-2017 Hora: 16:36		
Punto de Muestreo: GRIFO DE PILA		Tipo de Muestra Analizada: TRATADA		
Plan de Muestreo: Puntual		Tipo de Analisis NSO 13.07.01.08 NORMAL		
Fecha de Muestreo: 04-07-2017 Hora: 08:00				
Parametros de Laboratorio	Resultados	Unidad	Limite máximo Permissible NSO 13.07.01.08	Método de Referencia
Cloro Residual	0.0	mg/L	0.3 - 1.1	4500 - Cl G. DPD Colorimetric Method. APHA
Temperatura de Muestra	-	°C	No Rechazable	2550 B. Laboratory and Field Method. APHA
Coliformes Totales *	>23	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Sustrate Test. APHA
Coliformes Fecales	-	---	---	---
Escherichia Coli *	>23	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Sustrate Test. APHA
Color Verdadero	2.5	pt-Co	15	2120 B. Visual Comparison Method. APHA
Olor	NINGUNO	---	No rechazable	Tabla - Organoleptico
Turbidez *	16	UNT	5	2130 B. Nephelometric Method. APHA
pH *	6.97	---	6.0 - 8.5	4500 - H * B. Electrometric Method. APHA
Sólidos Disueltos Totales	31.40	mg/L	1000	Electrométrico
Aluminio	-	mg/L	0.2	---
Hierro Total *	0.338	mg/L	0.30	3500 - Fe A. AA Method Section 3111 B. APHA
Manganeso Total *	<0.014	mg/L	0.1	3500 - Mn A. AA Method Section 3111 B. APHA
Bario	-	mg/L	0.70	---
Arsenico*	0.004	mg/L	0.01	3500 - As A. 3113 B. Electrothermal AA Spectrometric Method. APHA
Cadmio	-	mg/L	0.003	---
Cianuros	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14561
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14758
Mercurio	-	mg/L	0.001	---
Niquel	-	mg/L	0.02	---
Plomo	-	mg/L	0.01	---
Antimonio	-	mg/L	0.006	---
Selenio	-	mg/L	0.01	---
* Metodos Acreditados ** Fuera de Rango *** Interferencia de Matriz Revisado por:  RM  FQ  Micro 13-07-17				
Observaciones:				

Autorizado por:

  
 LIC. DOUGLAS ERNESTO GARCIA  
 JEFE DEL LABORATORIO

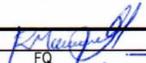
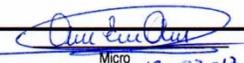


	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD		CODIGO: PG-28F1	
	REGISTRO		N° <b>L173974</b>	
	NOMBRE: INFORME DE ENSAYO DE AGUA		PAGINA: 1 de 1	
Código de Muestra: 0		Identificación de Muestra: L173974		
Cliente: REQUERIMIENTO ESPECIAL		Fecha de Recepción: 04-07-2017 Hora: 15:36		
Dirección: VUELTA EL JARRO		Fecha de Análisis: 04-07-2017 Hora: 16:36		
Punto de Muestreo: GRIFO DE PILA		Tipo de Muestra Analizada: TRATADA		
Plan de Muestreo: Puntual		Tipo de Analisis NSO 13.07.01.08 NORMAL		
Fecha de Muestreo: 04-07-2017 Hora: 08:45				
Parámetros de Laboratorio	Resultados	Unidad	Limite máximo Permissible NSO 13.07.01.08	Método de Referencia
Cloro Residual	0.0	mg/L	0.3 - 1.1	4500 - Cl G. DPD Colorimetric Method. APHA
Temperatura de Muestra	-	°C	No Rechazable	2550 B. Laboratory and Field Method. APHA
Coliformes Totales *	9.2	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Sustrate Test. APHA
Coliformes Fecales	-	---	---	---
Escherichia Coli *	<1.1	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Sustrate Test. APHA
Color Verdadero	0.0	pt-Co	15	2120 B. Visual Comparison Method. APHA
Olor	NINGUNO	---	No rechazable	Tabla - Organoleptico
Turbidez *	1.1	UNT	5	2130 B. Nephelometric Method. APHA
pH *	6.48	---	6.0 - 8.5	4500 - H + B. Electrometric Method. APHA
Sólidos Disueltos Totales	31.80	mg/L	1000	Electrométrico
Aluminio	-	mg/L	0.2	---
Hierro Total *	<0.035	mg/L	0.30	3500 - Fe A. AA Method Section 3111 B. APHA
Manganeso Total *	<0.014	mg/L	0.1	3500 - Mn A. AA Method Section 3111 B. APHA
Bario	-	mg/L	0.70	---
Arsenico*	<0.002	mg/L	0.01	3500 - As A. 3113 B. Electrothermal AA Spectrometric Method. APHA
Cadmio	-	mg/L	0.003	---
Cianuros	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14561
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14758
Mercurio	-	mg/L	0.001	---
Niquel	-	mg/L	0.02	---
Plomo	-	mg/L	0.01	---
Antimonio	-	mg/L	0.006	---
Selenio	-	mg/L	0.01	---
* Metodos Acreditados ** Fuera de Rango *** Interferencia de Matriz Revisado por:    Micro 13-07-17				
Observaciones:				

Autorizado por:

  
 LIC. DOUGLAS ERNESTO GARCIA  
 JEFE DEL LABORATORIO

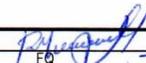
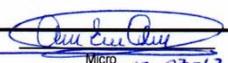


LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD		CODIGO: PG-28F1		
REGISTRO		N° <u>L173975</u>		
NOMBRE: INFORME DE ENSAYO DE AGUA		PAGINA: 1 de 1		
Código de Muestra: 0	Identificación de Muestra: L173975			
Cliente: REQUERIMIENTO ESPECIAL	Fecha de Recepción: 04-07-2017 Hora: 15:36			
Dirección: PARVITAS	Fecha de Análisis: 04-07-2017 Hora: 16:36			
Punto de Muestreo: GRIFO DE PILA	Tipo de Muestra Analizada: TRATADA			
Plan de Muestreo: Puntual	Tipo de Analisis NSO 13.07.01.08 NORMAL			
Fecha de Muestreo: 04-07-2017	Hora: 10:30			
Parámetros de Laboratorio	Resultados	Unidad	Límite máximo Permissible NSO 13.07.01.08	Método de Referencia
Cloro Residual	0.0	mg/L	0.3 – 1.1	4500 - Cl G. DPD Colorimetric Method. APHA
Temperatura de Muestra	-	°C	No Rechazable	2550 B. Laboratory and Field Method. APHA
Coliformes Totales *	>23	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Sustrate Test. APHA
Coliformes Fecales	-	---	---	---
Escherichia Coli *	>23	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Sustrate Test. APHA
Color Verdadero	0.0	pt-Co	15	2120 B. Visual Comparison Method. APHA
Olor	NINGUNO	---	No rechazable	Tabla - Organoleptico
Turbidez *	0.80	UNT	5	2130 B. Nephelometric Method. APHA
pH *	7.79	---	6.0 - 8.5	4500 - H + B. Electrometric Method. APHA
Sólidos Disueltos Totales	349.00	mg/L	1000	Electrométrico
Aluminio	-	mg/L	0.2	---
Hierro Total *	0.071	mg/L	0.30	3500 - Fe A. AA Method Section 3111 B. APHA
Manganeso Total *	<0.014	mg/L	0.1	3500 - Mn A. AA Method Section 3111 B. APHA
Bario	-	mg/L	0.70	---
Arsenico*	0.013	mg/L	0.01	3500 - As A. 3113 B. Electrothermal AA Spectrometric Method. APHA
Cadmio	-	mg/L	0.003	---
Cianuros	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14561
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14758
Mercurio	-	mg/L	0.001	---
Niquel	-	mg/L	0.02	---
Plomo	-	mg/L	0.01	---
Antimonio	-	mg/L	0.006	---
Selenio	-	mg/L	0.01	---
* Metodos Acreditados ** Fuera de Rango *** Interferencia de Matriz				
Revisado por:    Micro 13-07-17				
Observaciones:				

Autorizado por:

  
**LIC. DOUGLAS ERNESTO GARCIA**  
 JEFE DEL LABORATORIO

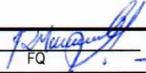
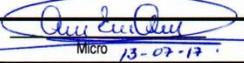


LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD		CODIGO: PG-28F1		
REGISTRO		N° <b>L173976</b>		
NOMBRE: INFORME DE ENSAYO DE AGUA		PAGINA: 1 de 1		
Código de Muestra: 0		Identificación de Muestra: L173976		
Cliente: REQUERIMIENTO ESPECIAL		Fecha de Recepción: 04-07-2017 Hora: 15:36		
Dirección: IGUERAL		Fecha de Análisis: 04-07-2017 Hora: 16:36		
Punto de Muestreo: GRIFO DE PILA		Tipo de Muestra Analizada: TRATADA		
Plan de Muestreo: Puntual		Tipo de Analisis NSO 13.07.01.08 NORMAL		
Fecha de Muestreo: 04-07-2017 Hora: 11:30				
Parámetros de Laboratorio	Resultados	Unidad	Límite máximo Permissible NSO 13.07.01.08	Método de Referencia
Cloro Residual	0.0	mg/L	0.3 - 1.1	4500 - Cl G. DPD Colorimetric Method. APHA
Temperatura de Muestra	-	°C	No Rechazable	2550 B. Laboratory and Field Method. APHA
Coliformes Totales *	>23	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Sustrate Test. APHA
Coliformes Fecales	-	---	---	---
Escherichia Coli *	5.1	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Sustrate Test. APHA
Color Verdadero	0.0	pt-Co	15	2120 B. Visual Comparison Method. APHA
Olor	NINGUNO	---	No rechazable	Tabla - Organoleptico
Turbidez *	5.8	UNT	5	2130 B. Nephelometric Method. APHA
pH *	7.38	---	6.0 - 8.5	4500 - H + B. Electrometric Method. APHA
Sólidos Disueltos Totales	35.20	mg/L	1000	Electrométrico
Aluminio	-	mg/L	0.2	---
Hierro Total *	0.112	mg/L	0.30	3500 - Fe A. AA Method Section 3111 B. APHA
Manganeso Total *	<0.014	mg/L	0.1	3500 - Mn A. AA Method Section 3111 B. APHA
Bario	-	mg/L	0.70	---
Arsenico*	<0.002	mg/L	0.01	3500 - As A. 3113 B. Electrothermal AA Spectrometric Method. APHA
Cadmio	-	mg/L	0.003	---
Cianuros	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14561
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14758
Mercurio	-	mg/L	0.001	---
Niquel	-	mg/L	0.02	---
Plomo	-	mg/L	0.01	---
Antimonio	-	mg/L	0.006	---
Selenio	-	mg/L	0.01	---
* Metodos Acreditados ** Fuera de Rango *** Interferencia de Matriz				
Revisado por:		  		
Observaciones:				

Autorizado por:

  
**LIC. DOUGLAS ERNESTO GARCIA**  
 JEFE DEL LABORATORIO

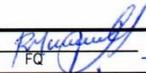
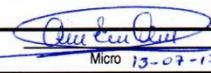


	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD		CODIGO: PG-28F1	
	REGISTRO		N° <u>L173977</u>	
	NOMBRE: INFORME DE ENSAYO DE AGUA		PAGINA: 1 de 1	
Código de Muestra:	0		Identificación de Muestra: L173977	
Cliente:	REQUERIMIENTO ESPECIAL		Fecha de Recepción: 04-07-2017 Hora: 15:36	
Dirección:	TEOSINTES		Fecha de Análisis: 04-07-2017 Hora: 16:36	
Punto de Muestreo:	GRIFO DE PILA		Tipo de Muestra Analizada: TRATADA	
Plan de Muestreo:	Puntual		Tipo de Analisis NSO 13.07.01.08 NORMAL	
Fecha de Muestreo:	04-07-2017	Hora: 12:00		
Parámetros de Laboratorio	Resultados	Unidad	Límite máximo Permissible NSO 13.07.01.08	Método de Referencia
Cloro Residual	0.0	mg/L	0.3 - 1.1	4500 - Cl G. DPD Colorimetric Method. APHA
Temperatura de Muestra	-	°C	No Rechazable	2550 B. Laboratory and Field Method. APHA
Coliformes Totales *	>23	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Substrate Test. APHA
Coliformes Fecales	-	---	---	---
Escherichia Coli *	9.2	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Substrate Test. APHA
Color Verdadero	0.0	pt-Co	15	2120 B. Visual Comparison Method. APHA
Olor	NINGUNO	---	No rechazable	Tabla - Organoleptico
Turbidez *	5.4	UNT	5	2130 B. Nephelometric Method. APHA
pH *	6.83	---	6.0 - 8.5	4500 - H + B. Electrometric Method. APHA
Sólidos Disueltos Totales	33.50	mg/L	1000	Electrométrico
Aluminio	-	mg/L	0.2	---
Hierro Total *	0.105	mg/L	0.30	3500 - Fe A. AA Method Section 3111 B. APHA
Manganeso Total *	<0.014	mg/L	0.1	3500 - Mn A. AA Method Section 3111 B. APHA
Bario	-	mg/L	0.70	---
Arsenico*	<0.002	mg/L	0.01	3500 - As A. 3113 B. Electrothermal AA Spectrometric Method. APHA
Cadmio	-	mg/L	0.003	---
Cianuros	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14561
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14758
Mercurio	-	mg/L	0.001	---
Niquel	-	mg/L	0.02	---
Plomo	-	mg/L	0.01	---
Antimonio	-	mg/L	0.006	---
Selenio	-	mg/L	0.01	---
* Metodos Acreditados ** Fuera de Rango *** Interferencia de Matriz Revisado por:    Micro 13-07-17				
Observaciones:				

Autorizado por:

  
 LIC. DOUGLAS ERNESTO GARCIA  
 JEFE DEL LABORATORIO

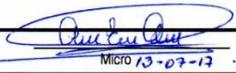


	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD			CODIGO: PG-28F1
	REGISTRO			N° <b>L173978</b>
	NOMBRE: INFORME DE ENSAYO DE AGUA			PAGINA: 1 de 1
Código de Muestra: 0	Identificación de Muestra: L173978			
Cliente: REQUERIMIENTO ESPECIAL	Fecha de Recepción: 04-07-2017 Hora: 15:36			
Dirección: CASERIO LAS FLORES	Fecha de Análisis: 04-07-2017 Hora: 16:36			
Punto de Muestreo: GRIFO DE LA PILA	Tipo de Muestra Analizada: TRATADA			
Plan de Muestreo: Puntual	Tipo de Analisis NSO 13.07.01.08 NORMAL			
Fecha de Muestreo: 04-07-2017	Hora: 12:30			
Parámetros de Laboratorio	Resultados	Unidad	Límite máximo Permisible NSO 13.07.01.08	Método de Referencia
Cloro Residual	0.0	mg/L	0.3 - 1.1	4500 - Cl G. DPD Colorimetric Method. APHA
Temperatura de Muestra	-	°C	No Rechazable	2550 B. Laboratory and Field Method. APHA
Coliformes Totales *	>23	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Sustrate Test. APHA
Coliformes Fecales	-	---	---	---
Escherichia Coli *	>23	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Sustrate Test. APHA
Color Verdadero	7.5	pt-Co	15	2120 B. Visual Comparison Method. APHA
Olor	NINGUNO	---	No rechazable	Tabla - Organoleptico
Turbidez *	2.3	UNT	5	2130 B. Nephelometric Method. APHA
pH *	7.64	---	6.0 - 8.5	4500 - H + B. Electrometric Method. APHA
Sólidos Disueltos Totales	52.80	mg/L	1000	Electrométrico
Aluminio	-	mg/L	0.2	---
Hierro Total *	0.336	mg/L	0.30	3500 - Fe A. AA Method Section 3111 B. APHA
Manganeso Total *	<0.014	mg/L	0.1	3500 - Mn A. AA Method Section 3111 B. APHA
Bario	-	mg/L	0.70	---
Arsenico*	<0.002	mg/L	0.01	3500 - As A. 3113 B. Electrothermal AA Spectrometric Method. APHA
Cadmio	-	mg/L	0.003	---
Cianuros	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14561
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14758
Mercurio	-	mg/L	0.001	---
Niquel	-	mg/L	0.02	---
Plomo	-	mg/L	0.01	---
Antimonio	-	mg/L	0.006	---
Selenio	-	mg/L	0.01	---
* Métodos Acreditados ** Fuera de Rango *** Interferencia de Matriz Revisado por:    Micro 13-07-17				
Observaciones:				

Autorizado por:

  
 LIC. DOUGLAS ERNESTO GARCÍA  
 JEFE DEL LABORATORIO

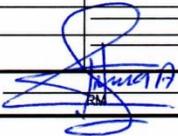
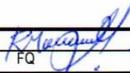
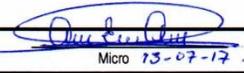


LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD		CODIGO: PG-28F1		
REGISTRO		N° <b>L173979</b>		
NOMBRE: INFORME DE ENSAYO DE AGUA		PAGINA: 1 de 1		
Código de Muestra: 0	Identificación de Muestra: L173979			
Cliente: REQUERIMIENTO ESPECIAL	Fecha de Recepción: 04-07-2017 Hora: 15:36			
Dirección: CANTON HUMEDAL	Fecha de Análisis: 04-07-2017 Hora: 16:36			
Punto de Muestreo: GRIFO DE LA PILA	Tipo de Muestra Analizada: TRATADA			
Plan de Muestreo: Puntual	Tipo de Analisis NSO 13.07.01.08 NORMAL			
Fecha de Muestreo: 04-07-2017	Hora: 12:45			
Parámetros de Laboratorio	Resultados	Unidad	Limite máximo Permissible NSO 13.07.01.08	Método de Referencia
Cloro Residual	0.0	mg/L	0.3 -- 1.1	4500 - Cl G. DPD Colorimetric Method. APHA
Temperatura de Muestra	-	°C	No Rechazable	2550 B. Laboratory and Field Method. APHA
Coliformes Totales *	16	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Sustrate Test. APHA
Coliformes Fecales	-	---	---	---
Escherichia Coli *	6.9	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Sustrate Test. APHA
Color Verdadero	0.0	pt-Co	15	2120 B. Visual Comparison Method. APHA
Olor	NINGUNO	---	No rechazable	Tabla - Organoleptico
Turbidez *	0.40	UNT	5	2130 B. Nephelometric Method. APHA
pH *	7.32	---	6.0 - 8.5	4500 - H + B. Electrometric Method. APHA
Sólidos Disueltos Totales	41.70	mg/L	1000	Electrométrico
Aluminio	-	mg/L	0.2	---
Hierro Total *	<0.035	mg/L	0.30	3500 - Fe A. AA Method Section 3111 B. APHA
Manganeso Total *	<0.014	mg/L	0.1	3500 - Mn A. AA Method Section 3111 B. APHA
Bario	-	mg/L	0.70	---
Arsenico*	<0.002	mg/L	0.01	3500 - As A. 3113 B. Electrothermal AA Spectrometric Method. APHA
Cadmio	-	mg/L	0.003	---
Cianuros	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14561
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14758
Mercurio	-	mg/L	0.001	---
Niquel	-	mg/L	0.02	---
Plomo	-	mg/L	0.01	---
Antimonio	-	mg/L	0.006	---
Selenio	-	mg/L	0.01	---
* Metodos Acreditados ** Fuera de Rango *** Interferencia de Matriz				
Revisado por:		  		
Observaciones:		Micro 13-07-17		

Autorizado por:

  
**LIC. DOUGLAS ERNESTO GARCIA**  
 JEFE DEL LABORATORIO



	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD			CODIGO: PG-28F1
	REGISTRO			N° <u>L173980</u>
	NOMBRE: INFORME DE ENSAYO DE AGUA			PAGINA: 1 de 1
Código de Muestra: 0	Identificación de Muestra: L173980			
Cliente: REQUERIMIENTO ESPECIAL	Fecha de Recepción: 04-07-2017 Hora: 15:36			
Dirección: BARRIO LAS FLORES	Fecha de Análisis: 04-07-2017 Hora: 16:36			
Punto de Muestreo: GRIFO DE LA PILA	Tipo de Muestra Analizada: TRATADA			
Plan de Muestreo: Puntual	Tipo de Analisis NSO 13.07.01.08 NORMAL			
Fecha de Muestreo: 04-07-2017 Hora: 13:00				
Parámetros de Laboratorio	Resultados	Unidad	Limite máximo Permissible NSO 13.07.01.08	Método de Referencia
Cloro Residual	0.0	mg/L	0.3 - 1.1	4500 - Cl G. DPD Colorimetric Method. APHA
Temperatura de Muestra	-	°C	No Rechazable	2550 B. Laboratory and Field Method. APHA
Coliformes Totales *	<1.1	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Substrate Test. APHA
Coliformes Fecales	-	---	---	---
Escherichia Coli *	<1.1	NMP/100mL	<1.1	9223 B. Enzyme Substrate Test. APHA
Color Verdadero	0.0	pt-Co	15	2120 B. Visual Comparison Method. APHA
Olor	NINGUNO	---	No rechazable	Tabla - Organoleptico
Turbidez *	4.1	UNT	5	2130 B. Nephelometric Method. APHA
pH *	7.36	---	6.0 - 8.5	4500 - H + B. Electrometric Method. APHA
Sólidos Disueltos Totales	29.30	mg/L	1000	Electrométrico
Aluminio	-	mg/L	0.2	---
Hierro Total *	0.101	mg/L	0.30	3500 - Fe A. AA Method Section 3111 B. APHA
Manganeso Total *	<0.014	mg/L	0.1	3500 - Mn A. AA Method Section 3111 B. APHA
Bario	-	mg/L	0.70	---
Arsenico*	<0.002	mg/L	0.01	3500 - As A. 3113 B. Electrothermal AA Spectrometric Method. APHA
Cadmio	-	mg/L	0.003	---
Cianuros	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14561
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	-	mg/L	0.05	Metodo Spectroquant 14758
Mercurio	-	mg/L	0.001	---
Niquel	-	mg/L	0.02	---
Plomo	-	mg/L	0.01	---
Antimonio	-	mg/L	0.006	---
Selenio	-	mg/L	0.01	---
* Metodos Acreditados ** Fuera de Rango *** Interferencia de Matriz Revisado por:    Micro 13-07-17				
Observaciones:				

Autorizado por:

  
 LIC. DOUGLAS ERNESTO GARCIA  
 JEFE DEL LABORATORIO



**DIRECCION TECNICA**  
**UNIDAD DE LABORATORIO**

San Salvador, 19 de Julio del 2017

**Sr. William Alexander Romero Monge**

**Estudiante de Medicina, UES.**

**Presente.**

Adjunto los resultados de laboratorio sobre la calidad del agua de los sistemas monitoreados del municipio de San Francisco Morazán, Chalatenango.

En términos generales, la calidad microbiológica del agua que la población consume representa un riesgo sanitario por la presencia generalizada de Coliformes totales y/o Escherichia coli, a excepción de la muestra L173980, del barrio las flores, que puntualmente la muestra no presento contaminación microbiológica. Se recomienda implementar una desinfección por goteo en el tanque con Hipoclorito de Calcio, es el método más económico y efectivo.

Con relación a la calidad fisicoquímica, solo presentan algún problema las que a continuación detallo:

L173978, presenta estar ligeramente fuera de norma el Hierro total, 0.336 mg/L, cuando la norma establece 0,3 mg/L; la concentración determinada no representa riesgo sanitario, pero podría generar efectos estéticos en la casa de los usuarios, como formación de sedimento; el efecto será notorio cuando cloren, pues el hierro se oxidara de forma inmediata.

L173975, presenta estar ligeramente fuera de norma el Arsénico, 0.013 mg/L, cuando la norma establece 0,01 mg/L; para esta se recomienda hacer un remuestreo en el mismo punto, muestreo en tanque si tienen y muestreo en la fuente de abastecimiento y tomar la temperatura in sitio en la fuente.

Le adjunto unos documentos de una investigación que se realizó en el municipio de La Reina, Chalatenango, como antecedente que pueda servir de base a su investigación; cualquier consulta de carácter técnico estoy a sus órdenes.



**Lic. Douglas Ernesto García**

**Jefe Unidad de Laboratorio**

**Unidad: laboratorio**  
**Dirección**  
**Tel.: 22472533**  
**www.anda.gob.sv**

## ANEXO 12.7: Resultados Examen General de Heces

### LABORATORIO CLINICO BIOCAST

RESULTADOS MUESTRAS HECEs EXAMINADAS, MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO  
MORAZAN, CHALATENANGO, EL SALVADOR.

	COLOR	CONSISTENCIA	LEUCOCITOS	HEMATIES	BACTERIAS	PARASITOS	
						QUISTES	TROFOZOITOS
1	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Coli</i>	-
2	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
3	CAFÉ	DIARREICA	10-12 XC	0-1XC	ABUNDANTES	-	-
4	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
5	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
6	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
7	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
8	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Coli</i>	-
9	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
10	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
11	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
12	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
13	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
14	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
15	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
16	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
17	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
18	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
19	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
20	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
21	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
22	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
23	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-

9 JUL 2017

República de El Salvador  
C.S.S.P.  
**LABORATORIO CLÍNICO  
BIOCAST**  
Nº de Inscip. 828  
PROP. MANUEL ERNESTO CASTILLO MENJIVAR  
NUEVA CONCEPCIÓN, CHALATENANGO

Lic. Manuel Ernesto Castillo Menjivar  
LICENCIADO EN LABORATORIO CLÍNICO  
J.V.P.L.C. No. 2851

Av. Silvestre de Jesús Díaz local 1, contiguo a cajas de créditos, Nueva Concepción, No. 828 Chalatenango.  
Tel. 23676292

	COLOR	CONSISTENCIA	LEUCOCITOS	HEMATIES	BACTERIAS	PARASITOS	
						QUISTES	TROFOZOITOS
24	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
25	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
26	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
27	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
28	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
29	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
30	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
31	CAFÉ	DIARREICA	10-15 XC	2-3 XC	ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i> <i>Endolimax nana</i>	-
32	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
33	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
34	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
35	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
36	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
37	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
38	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
39	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
40	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
41	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
42	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
43	CAFÉ	DIARREICA	13-16 XC	0-2 XC	ABUNDANTES	-	-
44	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
45	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
46	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i> <i>Endolimax nana</i>	-

9 JUL 2017

República de El Salvador  
C.S.S.P.  
**LABORATORIO CLÍNICO**  
BIOCAST  
Nº de Inscup. 828

PROP. MANUEL ERNESTO CASTILLO MENJIVAR

Lic. Manuel Ernesto Castillo Menjivar  
LICENCIADO EN LABORATORIO CLÍNICO  
J.V.P.L.C. No. 2851

Av. Silvestre de Jesús Díaz local 1, contiguo a cajas de créditos, Nueva Concepción, No. 828 Chalatenango.  
Tel. 23676292

	COLOR	CONSISTENCIA	LEUCOCITOS	HEMATIES	BACTERIAS	PARASITOS	
						QUISTES	TROFOZOITOS
47	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
48	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Coli</i>	-
49	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
50	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i> <i>Endolimax nana</i>	-
51	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i> <i>Endolimax nana</i>	-
52	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Coli</i>	-
53	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
54	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
55	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i> <i>Entamoeba Coli</i>	-
56	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES		-
57	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	<i>Entamoeba Histolytica</i>
58	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
59	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
60	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
61	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
62	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES		-
63	CAFÉ	DIARREICO	10-12 XC	0-1 XC	ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
64	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-

9 JUL 2017

República de El Salvador  
C.S.S.P.  
**LABORATORIO CLÍNICO**  
**BIOCAST**  
Nº de Inscip. 828  
PROP. MANUEL ERNESTO CASTILLO MENJIVAR  
NUEVA CONCEPCIÓN, CHALATENANGO

Lic. Manuel Ernesto Castillo Menjivar  
LICENCIADO EN LABORATORIO CLÍNICO  
J.V.P.L.C. No. 2851

Av. Silvestre de Jesús Díaz local 1, contiguo a cajas de créditos, Nueva Concepción, No. 828 Chalatenango.  
Tel. 23676292

	COLOR	CONSISTENCIA	LEUCOCITOS	HEMATIES	BACTERIAS	PARASITOS	
						QUISTES	TROFOZOITOS
65	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
66	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
67	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
68	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
69	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
70	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
71	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
72	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
73	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
74	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
75	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
76	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
77	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
78	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
79	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
80	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
81	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
82	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
83	CAFÉ	DIARREICO	10-15 XC	1-2 XC	ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
84	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
85	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-

9 JUL 2017

Republica de El Salvador  
 C.S.S.P.  
**LABORATORIO CLÍNICO**  
**BIOCAS**  
 Nº de Inscip. 828  
 PROP. MANUEL ERNESTO CASTILLO MENJIVAR  
 NUEVA CONCEPCIÓN, CHALATENANGO

Lic. Manuel Ernesto Castillo Menjivar  
 LICENCIADO EN LABORATORIO CLÍNICO  
 J.V.P.L.C. No. 2851

Av. Silvestre de Jesús Díaz local 1, contiguo a cajas de créditos, Nueva Concepción, No. 828 Chalatenango.  
 Tel. 23676292

	COLOR	CONSISTENCIA	LEUCOCITOS	HEMATIES	BACTERIAS	PARASITOS	
						QUISTES	TROFOZOITOS
86	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
87	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
88	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Coli</i>	-
89	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
90	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
91	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
92	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
93	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
94	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
95	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
96	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
97	CAFÉ	DIARREICA	10-15 XC	2-3 XC	ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i> <i>Endolimax nana</i>	-
98	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
99	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
100	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
101	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
102	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
103	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
104	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
105	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
106	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-

9 JUL 2017

República de El Salvador  
C.S.S.P.  
**LABORATORIO CLÍNICO**  
**BIOCAST**  
Nº de Inscrip. 828  
PROP. MANUEL ERNESTO CASTILLO MENJIVAR  
NUEVA CONCEPCIÓN, CHALATENANGO

Lic. Manuel Ernesto Castillo Menjivar  
LICENCIADO EN LABORATORIO CLÍNICO  
J.V.P.L.C. No. 2851

Av. Silvestre de Jesús Díaz local 1, contiguo a cajas de créditos, Nueva Concepción, No. 828 Chalatenango.  
Tel. 23676292

	COLOR	CONSISTENCIA	LEUCOCITOS	HEMATIES	BACTERIAS	PARASITOS	
						QUISTES	TROFOZOITOS
107	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
108	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
109	CAFÉ	DIARREICA	15-20 XC	0-1 XC	ABUNDANTES	-	-
110	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
111	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
112	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i> <i>Endolimax nana</i>	-
113	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
114	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Coli</i>	-
115	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
116	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i> <i>Endolimax nana</i>	-
117	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i> <i>Endolimax nana</i>	-
118	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Coli</i>	-
119	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
120	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
121	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i> <i>Entamoeba Coli</i>	-
122	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
123	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	<i>Entamoeba Histolytica</i>
124	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-

9 JUL 2017

Republica de El Salvador  
C.S.S.P.  
**LABORATORIO CLÍNICO**  
**BIOCAST**  
Nº de Inscip. 828  
PROP. MANUEL ERNESTO CASTILLO MENJIVAR  
NUEVA CONCEPCIÓN, CHALATENANGO

Lic. Manuel Ernesto Castillo Menjivar  
LICENCIADO EN LABORATORIO CLÍNICO  
J.V.P.L.C. No. 2851

Av. Silvestre de Jesús Díaz local 1, contiguo a cajas de créditos, Nueva Concepción, No. 828 Chalatenango.  
Tel. 23676292

	COLOR	CONSISTENCIA	LEUCOCITOS	HEMATIES	BACTERIAS	PARASITOS	
						QUISTES	TROFOZOITOS
125	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
126	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
127	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
128	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
129	CAFÉ	DIARREICO	10-12 XC	1-3 XC	ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
130	CAFÉ	DIARREICA	10-15 XC	1-2 XC	ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i> <i>Endolimax nana</i>	-
131	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
132	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
133	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
134	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
135	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
136	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
137	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
138	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
139	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
140	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Entamoeba Histolytica</i>	-
141	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Endolimax nana</i>	-
142	CAFÉ	DIARREICA	13-16 XC	0-1 XC	ABUNDANTES	-	-
143	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i>	-
144	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	-	-
145	CAFÉ	BLANDA			ABUNDANTES	<i>Giardia lamblia</i> <i>Endolimax nana</i>	-

9 JUL 2017

República de El Salvador  
C.S.S.P.  
**LABORATORIO CLÍNICO**  
**BIOCAS**  
Nº de Inscip. 828  
PROP. MANUEL ERNESTO CASTILLO MENJIVAR  
NUEVA CONCEPCIÓN, CHALATENANGO

Lic. Manuel Ernesto Castillo Menjivar  
LICENCIADO EN LABORATORIO CLÍNICO  
J.V.P.L.C. No. 2851

Av. Silvestre de Jesús Díaz local 1, contiguo a cajas de créditos, Nueva Concepción, No. 828 Chalatenango.  
Tel. 23676292

## ANEXO 12.8. Resultado de Análisis parasitológico

### LABORATORIO CLINICO BIOCAST

ANALISIS PARASITOLOGICO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO, MUNICIPIO DE  
SAN FRANCISCO MORAZAN, CHALATENANGO, EL SALVADOR.

**TECNICA UTILIZADA. SEDIMENTACION POR CENTRIFUGACION CON FORMOL - ETER**

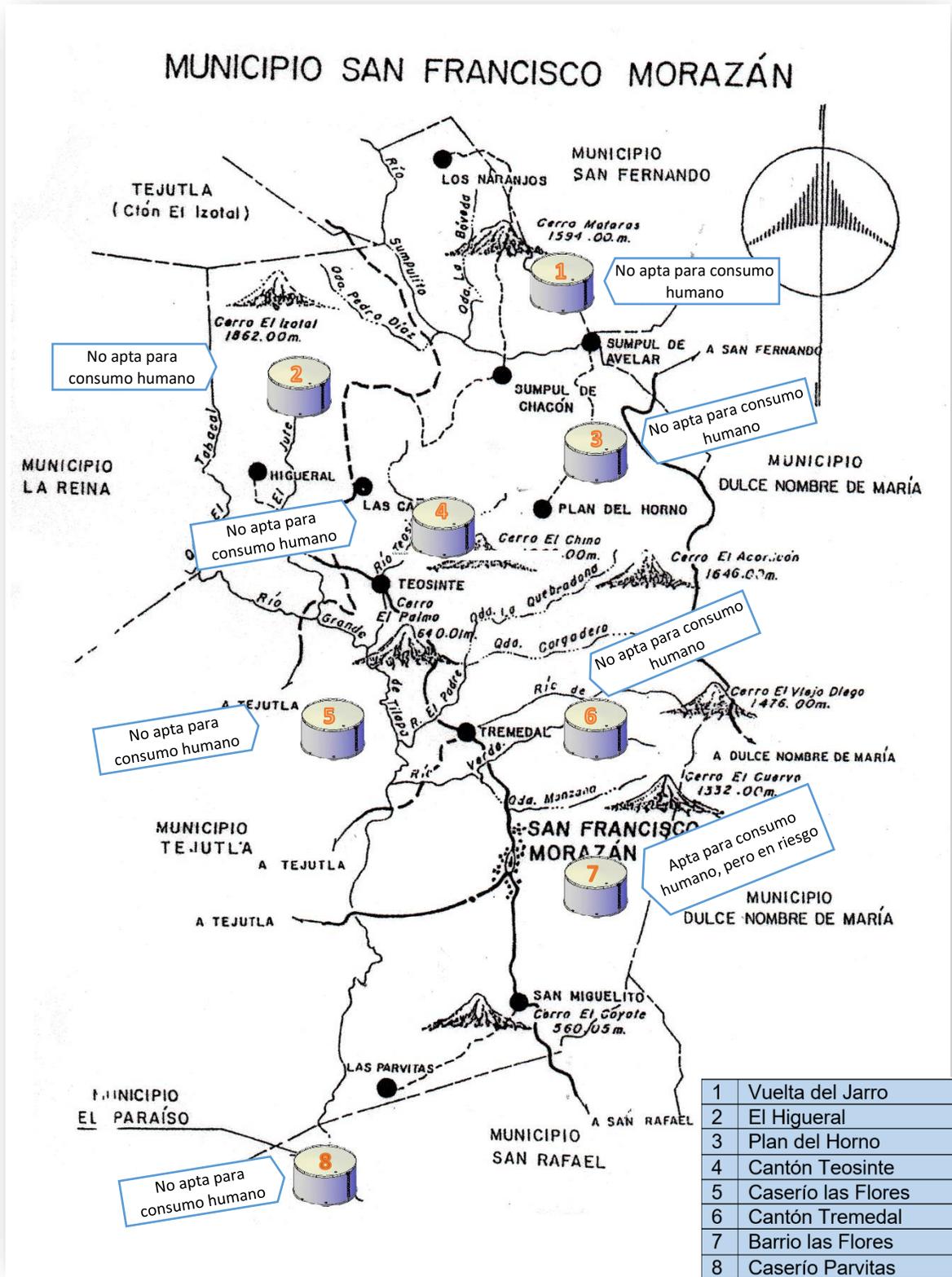
LUGAR DE RECOLECCION DE LA MUESTRA	RESULTADOS
PLAN DEL HORNO	<i>Negativo</i>
CASERIO LAS FLORES	<i>Negativo</i>
LAS PARVITAS	<i>Negativo</i>
TREMEDAL	<i>Negativo</i>
BARRIO EL CENTRO	<i>Negativo</i>
VUELTA EL JARRO	<i>Negativo</i>
HIGUERAL	<i>Endolimax nana</i>
TEOSINTES	<i>Negativo</i>

19 JUL 2017



Av. Silvestre de Jesús Díaz local 1, contiguo a cajas de créditos, Nueva Concepción, No. 828 Chalatenango.  
Tel. 23676292

**ANEXO 12.9 CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO HUMANO SAN FRANCISCO MORAZAN**



**ANEXO 12.10 Reglas de Oro de la OMS para la preparación Higiénica de los Alimentos**

**6**

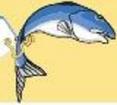
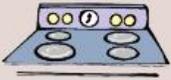
**recuerda**



recuerda

UNIDAD 2. ENFERMEDADES DE TRANSMISIÓN ALIMENTARIA

**Reglas de Oro de la OMS para la Preparación Higiénica de los Alimentos**

- 1** Comprar siempre alimentos que tengan una garantía sanitaria reconocida.  
-  Cocinar bien los alimentos (65 °C mínimo). **2**
- 3** Consumir los alimentos inmediatamente después de cocinados. 
-  Almacenar correctamente los alimentos cocinados. **4**
- 5** Recalentar bien los alimentos a más de 65 °C (mínimo). 
-  Evitar el contacto entre alimentos crudos y cocinados. **6**
- 7** Lavarse las manos a menudo. 
-  Mantener escrupulosamente limpias las superficies de manipulación de alimentos. **8**
- 9** Proteger los alimentos de insectos, roedores y otros animales. 
-  Utilizar agua potable. **10**

## ANEXO 12.11: BASE DATOS

	SEXO		EDAD				OCUPACION					ESCOLARIDAD			
	M	F	18-35	36-50	51-65	>65	Empleado/a	Estudiante	L. Domesticas	Ninguna	Otras	Básica	Media	Superior	Ninguna
1		x		x					x			x			
2		x				x			x						x
3		x			x				x						x
4	x				x					x					x
5		x	x						x			x			
6	x		x							x		x			
7	x					x			x						x
8		x				x			x						x
9		x			x				x						x
10		x	x						x			x			
11		x	x						x			x			
12		x	x						x			x			
13		x	x						x			x			
14		x	x						x			x			
15		x		x					x			x			
16		x	x						x			x			
17	x		x							x		x			x
18		x		x						x					x
19		x	x						x			x			
20	x				x						x				x
21		x	x							x		x			
22	x		x				x						x		
23	x			x							x	x			
24	x					x					x				x
25	x					x					x	x			
26	x		x								x		x		
27		x	x						x			x			
28		x		x							x	x			
29		x	x								x	x			
30		x	x					x						x	

	SEXO		EDAD				OCUPACION					ESCOLARIDAD			
	M	F	18-35	36-50	51-65	>65	Empleado/a	Estudiante	L. Domesticas	Ninguna	Otras	Básica	Media	Superior	Ninguna
31		x	x								x	x			
32	x			x							x	x			
33		x	x					x						x	
34	x		x								x	x			
35	x					x					x	x			
36	x					x					x	x			
37		x		x					x						x
38	x					x					x	x			
39		x	x					x					x		
40	x					x			x						x
41	x		x						x			x			
42		x				x			x						x
43		x	x						x				x		
44		x	x								x				x
45		x	x						x			x			
46	x		x						x			x			x
47		x				x			x			x			
48		x				x			x			x			
49		x				x			x			x			
50		x	x						x						x
51	x					x			x			x			x
52		x		x					x			x			
53		x				x			x						x
54	x		x						x						x
55		x				x					x	x			
56		x	x						x			x			
57		x		x					x						x
58		x	x						x				x		
59	x		x								x	x			
60		x				x			x						x

	SEXO		EDAD				OCUPACION					ESCOLARIDAD			
	M	F	18-35	36-50	51-65	>65	Empleado/a	Estudiante	L. Domesticas	Ninguna	Otras	Básica	Media	Superior	Ninguna
61	x		x					x					x		
62	x		x								x			x	
63		x	x					x				x			
64	x		x								x	x			
65		x	x						x						x
66		x		x					x			x			
67	x			x							x				x
68		x		x					x			x			
69	x		x								x	x			
70	x		x						x			x			
71		x				x			x						x
72		x		x					x						x
73		x		x					x						x
74		x			x				x						x
75		x			x				x						x
76		x				x			x			x			
77		x		x					x			x			x
78		x		x					x			x			
79		x		x					x			x			
80	x		x						x				x		
81		x		x					x			x			
82		x		x					x			x			
83	x			x							x	x			
84		x	x					x						x	
85		x	x						x				x		
86	x		x				x						x		
87		x	x								x	x			
88		x		x					x			x			
89		x		x					x			x			
90		x	x					x						x	

	SEXO		EDAD				OCUPACION					ESCOLARIDAD			
	M	F	18-35	36-50	51-65	>65	Empleado/a	Estudiante	L. Domesticas	Ninguna	Otras	Básica	Media	Superior	Ninguna
91		x		x					x			x			
92	x				x						x				x
93		x	x						x			x			
94		x	x					x						x	
95	x		x						x				x		
96		x	x				x							x	
97		x		x					x				x		
98		x		x					x			x			
99		x		x					x						x
100		x	x					x						x	
101	x			x							x	x			
102		x				x			x			x			
103		x				x			x				x		
104		x		x					x			x			
105		x	x						x				x		
106	x										x	x			
107	x		x					x				x			
108		x		x					x			x			
109		x				x			x					x	
110		x		x					x			x			
111		x		x					x						x
112		x	x						x				x		
113		x	x						x				x		
114		x		x					x			x			
115		x	x					x					x		x
116		x		x					x						x
117	x			x							x				
118		x		x					x						x
119	x		x					x					x		
120	x		x					x				x			

	SEXO		EDAD				OCUPACION					ESCOLARIDAD			
	M	F	18-35	36-50	51-65	>65	Empleado/a	Estudiante	L. Domesticas	Ninguna	Otras	Básica	Media	Superior	Ninguna
121	x			x							x				
122		x		x					x			x			
123	x		x								x				x
124		x	x						x			x			
125		x		x					x			x			
126	x			x							x				x
127		x	x					x					x		
128		x				x			x						
129	x			x			x								
130		x	x						x						
131		x			x				x						
132		x		x					x			x			
133	x		x				x								
134		x		x					x						
135		x		x					x			x			
136		x	x						x						
137		x	x						x						
138		x	x						x						
139	x		x								x			x	
140		x	x						x						
141		x	x						x				x		
142		x	x						x						
143	x		x								x				
144	x				x		x							x	
145		x	x						x			x			

	MANIFESTACIONES GASTROINTESTINALES						¿Asistencia Médica?		Si no busca asistencia médica, ¿Por qué?					
	Diarrea	Dolor Abdominal	Disentería	Nauseas o vómitos	Fiebre + síntoma Abdominal	Ninguno	Otro	Si	No	No tengo tiempo	Remedios caseros	Se quitara solo	Ninguno	Otras
1		x						x					x	
2	x						x							
3	x							x					x	
4		x						x					x	
5						x								
6		x						x					x	
7		x						x					x	
8		x						x					x	
9		x						x					x	
10		x						x					x	
11		x						x					x	
12						x								
13		x						x					x	
14		x						x					x	
15	x							x				x		
16		x						x					x	
17		x						x					x	
18		x						x					x	
19		x						x				x		
20		x						x				x		
21		x						x				x		
22		x						x				x		
23	x							x		x				
24	x						x							
25					x			x			x			
26		x						x		x				
27		x						x				x		
28		x						x		x				

	MANIFESTACIONES GASTROINTESTINALES						¿Asistencia Médica?		Si no busca asistencia médica, ¿Por qué?					
	Diarrea	Dolor Abdominal	Disentería	Nauseas o vómitos	Fiebre + síntoma Abdominal	Ninguno	Otro	Si	No	No tengo tiempo	Remedios caseros	Se quitar a solo	Ninguno	Otras
29					x				x	x				
30	x								x	x				
31						x								
32	x								x		x			
33		x							x	x				
34		x							x	x				
35	x	x		x					x	x				
36	x	x		x					x	x				
37		x		x					x	x				
38		x							x	x				
39		x							x	x				
40		x							x		x			
41						x								
42	x	x							x		x			
43		x							x		x			
44			x						x		x			
45		x						x						
46						x								
47		x						x						
48				x				x						
49						x								
50		x		x				x						
51									x				x	
52	x			x				x						
53														
54		x							x		x			
55						x								
56	x	x		x					x		x			





	MANIFESTACIONES GASTROINTESTINALES						¿Asistencia Médica?		Si no busca asistencia médica, ¿Por qué?					
	Diarrea	Dolor Abdominal	Disentería	Nauseas o vómitos	Fiebre + síntoma Abdominal	Ninguno	Otro	Si	No	No tengo tiempo	Remedios caseros	Se quitar a solo	Ninguno	Otras
113						x								
114	x			x					x		x			
115														
116						x								
117		x							x			x		
118						x								
119		x							x		x			
120						x								
121		x						x						
122	x	x							x		x			
123														
124						x								
125						x								
126						x								
127						x								
128		x		x					x					x
129		x						x						
130						x								
131		x						x						
132						x								
133						x								
134	x	x		x					x					x
135						x								
136						x								
137	x			x	x				x			x		
138						x								
139						x								
140		x						x						

	MANIFESTACIONES GASTROINTESTINALES						¿Asistencia Médica?		Si no busca asistencia médica, ¿Por qué?					
	Diarrea	Dolor Abdominal	Disentería	Nauseas o vómitos	Fiebre + síntoma Abdominal	Ninguno	Otro	Si	No	No tengo tiempo	Remedios caseros	Se quitar a solo	Ninguno	Otras
141		x						x				x		
142		x						x				x		
143		x						x				x		
144		x	x	x	x			x						
145	x	x		x	x			x						



FUENTES DE AGUA DE CONSUMO HUMANO Y TRATAMIENTO RECIBIDO

	Embotellad			ANDA				Alcaldía			Río o Quebrada						Pozo			Lluvia		
	Si	No	Cual		Si	No	Cual	Si	No	Cual	Si	No	Cual	Si	No	Cual	Si	No	Cual	Si	No	Cual
30												x	x		cloración							
31												x	x		cloración							
32												x	x		cloración							
33												x	x		cloración							
34												x	x		cloración							
35												x		x								
36												x		x								
37												x		x								
38												x	x		cloración							
39												x	x		cloración							
40												x		x								
41												x		x								
42												x		x								
43												x	x		purificación							
44												x	x		purificación							
45												x	x		purificación							
46												x	x		purificación							
47												x	x		puriagua							
48												x	x		puriagua							
49												x		x								
50												x	x		puriagua							
51												x	x		puriagua							
52												x	x		puriagua							
53												x	x		puriagua							
54												x	x		puriagua							
55												x	x		puriagua							
56												x	x		puriagua							
57												x		x								
58												x	x		puriagua							

FUENTES DE AGUA DE CONSUMO HUMANO Y TRATAMIENTO RECIBIDO

	Embotellad			ANDA			Alcaldía			Río o Quebrada			Pozo			Lluvia			
	Si	No	Cual	Si	No	Cual	Si	No	Cual	Si	No	Cual	Si	No	Cual	Si	No	Cual	
59										x	x				puriagua				
60										x	x				puriagua				
61										x	x				puriagua				
62										x	x				puriagua				
63										x	x				puriagua				
64										x	x				puriagua				
65										x	x				puriagua				
66										x	x				puriagua				
67										x		x							
68										x		x							
69										x	x				puriagua				
70																			
71										x	x				cloración				
72										x	x				cloración				
73										x	x				cloración				
74										x	x				cloración				
75										x	x				cloración				
76										x	x				cloración				
77								x	x						cloración				
78								x	x						cloración				
79								x	x						cloración				
80	x		x																
81								x	x						cloración				
82	x		x																
83								x		x									
84								x	x						filtración				
85								x	x						cloración				
86								x	x						cloración				
87								x	x						hervir				





