

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO Y DE
SANEAMIENTO BÁSICO EN LAS COMUNIDADES RURALES EL COMEJÉN,
MASAYA Y EL EDÉN, TICUANTEPE, NICARAGUA.**

POR:

DIXON NOHEL MORALES LOPEZ

DIAGNÓSTICO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS C.A.

JUNIO, 2016

MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO Y DE
SANEAMIENTO BÁSICO EN LAS COMUNIDADES RURALES EL COMEJÉN,
MASAYA Y EL EDÉN, TICUANTEPE, NICARAGUA.

POR:

DIXON NOHEL MORALES LOPEZ

JORGE ORBIN CARDONA HERNÁNDEZ, M.Sc.

ASESOR PRINCIPAL

DIAGNÓSTICO

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE **LICENCIADO EN**
RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE.

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS C.A.

JUNIO, 2016

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por haberme dado la oportunidad, el conocimiento y la paciencia para alcanzar este objetivo.

A mi Madre: **Natividad López Medina** por su apoyo, amor, compromiso y por ser inspiración para mi continua superación.

A mi Padre: **José Morales Guity** (QDDG), Por ser un ejemplo y por el legado que nos dejó para ser una persona humanista, social, política y religiosa.

A mi hermanos/as: **José Morales, Luisa Morales, Ángela Morales, Melinda Morales, Enrique Morales, Becket Morales y Edilberto Morales**, por su apoyo en todas las etapas de mi formación.

A mi amigo y hermano fraternal **Luis Antonio Beltrán Alemán** por su apoyo, acompañamiento, solidaridad y trabajo en equipo desde que empezamos en este proceso de formación Integral.

A mis compañeros y compañeras por su apoyo incondicional durante los cuatros años que compartimos y aprendimos.

AGRADECIMIENTO

A M.Sc. **Oscar Ovidio Redondo flores**; Rector de la Universidad Nacional de Agricultura por el apoyo incondicional en mis estudios, para realizar mi Práctica Profesional Supervisada fuera del país.

A M.Sc. **Ramona Rodríguez Pérez**: Rectora de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, por el respaldo para la realización de esta investigación en esa prestigiosa institución.

A Ph.D. **Marlon Oniel Escoto Valerio**: Vicerrector académico de la Universidad Nacional de Agricultura, Honduras. Por permitirme como rector ingresar a cursar estudios superiores sin ningún obstáculo occidental.

A M.Sc. **María Elena Vargas** y M.Sc. **Junnette Molina**: Asesoras adjuntas en el CIRA/UNAN; por su apoyo y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación en las dos comunidades de Nicaragua.

A M.Sc. **Jorge Cardona** asesor principal, por su apoyo, paciencia y dedicación para la realización de este trabajo de investigación; y a mis asesores auxiliares el M.Sc. **Ramón Canaca** y M.Sc. **Erlin Escoto** Por su apoyo técnico para el desarrollo de esta investigación.

A los Comités de Agua Potable y Saneamiento de la comunidad El Comején, Masaya y del Edén, Ticuantepe.

A la Dirección, coordinación de docencia y personal científico del centro para la investigación de recursos hídricos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓÑ	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
CONTENIDO	vii
LISTADO DE FIGURAS	xi
LISTADO DE CUADROS	xii
LISTADO DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 General.....	3
2.2Específicos	3
III MARCO TEÓRICO	4
3.1 Generalidades.....	4
3.2 Agua y saneamiento básico.....	4
3.3 Gestión por comunidades.....	5
3.4 Tecnologías sostenibles para el tratamiento del agua	5
3.5 El monitoreo de la calidad del agua	6
3.6 Indicadores físicos y químicos del agua	6
3.7 Temperatura	6
3.8 Conductividad eléctrica.....	7
3.9 Alcalinidad	7
3.10 Hierro	7
3.11 Sulfatos.....	8
3.12 Dureza Total.....	8
3.13 Oxígeno disuelto	9
3.14 Potencial de hidrógeno	9

3.15 Turbidez	9
3.16. Color.....	10
3.17 Solidos disueltos.....	10
3.18 Calcio	10
3.19 Magnesio	11
3.20 Potasio	11
3.21 Cloruros.....	11
3.22 Nitratos	12
3.23 Sílice disuelto	12
3.24 Hierro total	12
3.25 Fluoruros	12
3.26 Nitritos.....	13
3.27 Demanda Bioquímica de Oxígeno	13
3.28 Metales pesados.....	13
3.28.1 Arsénico	13
3.30 Efectos Potenciales de los plaguicidas en la Salud	14
3.30.1 Plaguicidas	14
3.30.2 Clasificación de los plaguicidas	15
3.30.3 Organoclorados	15
3.30.4 Organofosforados.....	15
3.30. 5 Características Especiales de los Plaguicidas-Persistencia	16
3.30.6 Persistencia en el Agua	16
3.31 Microorganismos indicadores de contaminación.....	16
3.31.1 Microorganismos indicadores	17
3.31.2 Coliformes totales	18
3.31 3 Coliformes termotolerantes	18
3.31.5 Escherichia coli	19
3.32 Política de agua y saneamiento en Nicaragua.....	19
3.33 Saneamiento rural en Nicaragua	20
3.34 Derecho Humano al Agua y Saneamiento	20
3.35 Comité de agua Potable y saneamiento (CAPS).....	21
3.36 Planteamiento de las políticas y línea estratégicas para el derecho de agua y Saneamiento para el periodo 2012-2016.....	21

IV	MATERIALES Y MÉTODOS	23
4.1.	Ubicación y descripción de los sitios de estudio	23
4.2.	Aspectos Generales de la Comunidad.....	24
4.3.	Materiales y Equipos	25
4.3.	Método	26
4.4.	Aplicación de Diagnóstico a las comunidades seleccionadas	26
4.4.1	Criterios para la selección de muestreo.....	26
4.6	Calidad de agua de las dos comunidades.....	27
4.6.1	Protocolo de muestreo.....	27
4.7	Devolución de resultados y recomendaciones	28
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
5.1	Comunidad el Edén en Ticuantepe.	30
5.1.1	Situación Educativa.....	30
5.1.2	Situación de la Salud.....	30
5.1.3	Agua y Saneamiento.....	31
5.1.4	Calidad de la Vivienda.....	31
5.1.5	Medio Ambiente y Tenencia de la Tierra Relativa a la Producción	31
5.1.6.	Identificación de los Principales Problemas de Sector Agua y Saneamiento	32
5.2	Resultados de calidad del Agua	33
5.2.1	Análisis físicos y organolépticos:.....	33
5.2.2	Macro Constituyente:	34
a)	Dureza.....	35
b)	Alcalinidad.....	36
a)	Hierro Total.....	36
b)	Sílice	36
c)	Fluoruros	37
5.2.3	Análisis de los Indicadores de contaminación. Nitritos, Nitratos y Amonio.....	37
5.2.4	Parámetros bacteriológicos de la cascada el Chocoyero en la comunidad el Edén .	38
5.3.1	Comunidad El Comején.....	39
a)	Situación Educativa	39
b)	Situación de Salud	39
c)	Agua y Saneamiento	40

d) Calidad de la Vivienda.....	40
e) Medio Ambiente y Tenencia de la Tierra Relativa a la Producción	40
5.3. Resultados físico químico del pozo perforado en la comunidad el comején, Masaya	
41	
a). Análisis físicos y organolépticos:.....	41
5.3.1 Macro Constituyente de pozo perforado de la comunidad El Comején, Masaya.	42
b) Hierro	44
c) Sílice.....	45
d) Fluoruros	45
5.3.2 Análisis de los Indicadores de contaminación. Nitritos, Nitratos y Amonio.	45
5.3.3 Parámetros bacteriológicos del pozo perforado y grifos de la comunidad El	
Comején	46
5.4 Parámetro metal pesado en la comunidad del Edén Ticuantepe y en el comején,	
Masaya.	48
a). Arsénico	48
5.5. Plaguicidas del pozo perforado de la comunidad El comején, Masaya, El Chocoyero	
de la comunidad del Edén Ticuantepe.	49
5.5.1 Organofosforados	49
5.5.2 Organofosforados	49
5.5.7 Monitoreo de campo semana de pH, Turbidez, conductividad, cloro residual y	
Temperatura.	50
a). Comunidad el Edén Ticuantepe	50
b). Comunidad el Comején, Masaya.	50
6.0. Presentación de Resultados y recomendaciones	51
VI CONCLUSIONES	52
VII RECOMENDACIONES	53
VIII BIBLIOGRAFIA	54
ANEXOS	57

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área del Edén.....	23
Figura 2. Ubicación del área de estudio en la Comunidad El Comején, Masaya.....	25
Figura 3 Composición de los macronutrientes en la cascada el Chocoyero de la comunidad el Eden.	34
Figura 4. Concentración bacteriológica en la cascada el Chocoyero.	38
Figura 5. Concentración bacteriológica en los dos grifos de El Edén.	38
Figura 6. Composición del pozo perforado El Comején, Masaya.....	43
Figura 7. Concentración de contaminantes bacteriológicos en la comunidad El Comején.	47
Figura 8. Concentraciones totales de arsénico de fuentes de agua.....	48

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Valor admisible de arsénico en el agua potable según las normas OMS.	14
Cuadro 2. Normas Europeas para agua potable	16
Cuadro 3. Valor admisible de microorganismos en agua potable según las normas CAPRE.	18
Cuadro 4. Organizaciones y acciones especializadas.....	32
Cuadro 5. Valores de los macro constituyentes	33
Cuadro 6. Concentraciones de elementos y compuestos químicos.....	35
Cuadro 7. Clasificación del rango de concentración de la dureza en las Aguas.	35
Cuadro 8. Rangos de alcalinidad en agua dulce.....	36
Cuadro 9. Resultados de indicadores de contaminantes en la cascada el comején.	37
Cuadro 10. Organizaciones y acciones especializadas.	40
Cuadro 11. Valores de los macro constituyentes de la comunidad el comején.	41
Cuadro 12. Concentraciones de elementos y compuestos químicos.....	43
Cuadro 13. Clasificación del rango de concentración de la dureza en las Aguas.	44
Cuadro 14. Rangos de alcalinidad en agua dulce.....	44
Cuadro 15. Resultados de indicadores de contaminantes.	46
Cuadro 16. Parámetros de monitoreo de campo en la comunidad El Edén, Ticuantepe. ...	50
Cuadro 17. Parámetros de monitoreo de campo en la comunidad El Comején, Masaya....	50
Cuadro 18. Recomendaciones preliminares presentadas.	51

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Formato utilizado en los monitoreo semanal.....	58
Anexo 2. Formato de diagnóstico de la encuestas.	59
Anexo 3. Abordaje de la primera etapa de la investigación en el Edén	61
Anexo 4. Monitoreo semanal en la pila de captación de la comunidad el Edén	61
Anexo 5. Demostración del equipo para el monitoreo semanal.....	62
Anexo 6. Toma de muestra del pozo perforado	62
Anexo 7. Análisis de parámetros en Laboratorio.	63

RESUMEN

Morales López, D. N. 2016: Monitoreo de la calidad de agua para consumo y del saneamiento básico en las comunidades rurales El Comején, Masaya y El Edén Ticuantepe de Nicaragua. Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Honduras.78p.

Para realizar esta investigación se identificaron las zonas para conocer las problemáticas de agua y saneamiento básico, de las comunidades El Edén, Ticuantepe y El Comején, Masaya en la república de Nicaragua. El estudio se desarrolló en tres etapas la primera consistió en identificar las condiciones de vida de la población de las comunidades y la descripción social, fuentes de agua, donde se aplicó un diagnóstico para conocer la parte social. La segunda consistió en la determinación de concentración físico química, metales pesados, plaguicidas y bacteriológica en el agua. La tercera etapa consistió en la presentación de las recomendaciones de los resultados obtenidos, a los Comités de Agua Potable y Saneamiento con el objetivo de crear una mejor organización para mitigar los diferentes problemas encontrados. Los hallazgos encontrados fue que las dos comunidades hacen un mal uso de la basura. La concentración físico química, metales pesados y plaguicidas si cumplen con los valores admisibles establecido por las normas CAPRE (1993). Si se presentó concentraciones de contaminantes bacteriológicas.

Palabras Clave: calidad de agua, iones, saneamiento, consumo y potable.

I INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural importante ya que es esencial para la vida, la buena salud, la alimentación, la economía, el medio ambiente, la agricultura, el transporte, el desarrollo económico y el bienestar humano depende directamente de la disponibilidad y la calidad de este recurso. En Centroamérica la mayoría de las comunidades rurales y urbanas marginales tienen problemas de disponibilidad y accesibilidad al líquido vital (Ramírez 2003).

No existe una conciencia universal sobre el manejo razonable de este vital líquido. Esto origina crisis por el uso del agua, que provoca enfermedades de origen hídrico, desnutrición, crecimiento económico reducido, inestabilidad social, conflictos por su uso y desastres ambientales, por lo que es necesario mantener un monitoreo constante de la calidad del agua y saneamiento básico para poder equilibrar su uso.

Según el PNUD (2012) en Nicaragua en el periodo 2007-2011 se redujo significativamente la pobreza y la desigualdad entre los nicaragüenses, el nivel de agua y saneamiento se encuentra entre los más bajo de la región. Cerca del 85% tiene acceso a fuentes de agua mejorada y cerca del 52% utilizan instalaciones de saneamiento mejorado.

Este diagnóstico consistió en realizar monitoreo de la calidad de agua para consumo y del saneamiento básico en las comunidades rurales El Comején, Masaya y Edén, Ticuantepe, Managua, Nicaragua, con el apoyo del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (CIRA/UNAN)

Este trabajo de diagnóstico contribuyo en la recopilación de información que se brindaron a los tomadores de decisiones para fortalecer la gestión hídrica de cada comunidad con respecto a calidad de agua y saneamiento básico.

II OBJETIVOS

2.1 General

Determinar la problemática de la calidad de agua para consumo y de saneamiento básico en dos comunidades rurales El Comején, Masaya y Edén, Ticuantepe, Managua, de Nicaragua.

2.2 Específicos

Identificar las condiciones de vida de la comunidad El Comején, Masaya, y de la comunidad El Edén en Ticuantepe, Nicaragua.

Determinar la calidad del agua para consumo mediante los parámetros fisicoquímicos, plaguicida, metales pesados y microbiológicos.

Proponer acciones para fortalecer las capacidades locales de las comunidades sobre manejo de agua y saneamiento.

III MARCO TEÓRICO

3.1 Generalidades

El agua es uno de los elementos de mayor importancia para los seres vivos y su entorno, la calidad óptima del agua es un factor esencial para satisfacer las necesidades humanas.

Las aguas naturales son objeto de permanentes análisis, debido a que son expuestas a contaminación por diferentes compuestos químicos, los contaminantes pueden ser no tóxicos o inofensivos a medida que no provoquen daños irreversibles, tanto a la fuente de agua como en la salud de los seres vivos (Ramírez 2008).

Muchos de los contaminantes del agua son de carácter tóxico, éstos pueden hacerla inadecuada para sus diferentes usos en las actividades cotidianas, los aniones en elevadas concentraciones son causantes en gran parte de este tipo de contaminación. Por este motivo se han establecido normas (CAPRE y OMS) para que regulen los niveles máximos de concentración permisibles en que deben encontrarse estos aniones. Estas normas sirven de guía para organismos gubernamentales y no gubernamentales, ministerio de salud u otras entidades que se dedican al estudio de los parámetros fisicoquímicos y el grado de toxicidad en las aguas (Ramírez 2003).

3.2 Agua y saneamiento básico

La disponibilidad y uso de sistemas de abastecimiento de agua potable adecuados, así como de medios higiénicos de disposición de residuos, constituyen partes integrales de la atención primaria de la salud (McJunkin 1986).

Las medidas tomadas en el abastecimiento de agua y el saneamiento deben estar integradas con otras actividades de la atención primaria de la salud, particularmente con la educación y promoción de la salud tanto en el hogar como en la comunidad, al igual que con la atención materno-infantil (McJunkin 1986).

3.3 Gestión por comunidades

Según la OMS (2016) argumenta que los sistemas de abastecimiento de agua de consumo (con o sin tuberías) gestionados por comunidades son frecuentes en todo el mundo, tanto en países desarrollados como en países en vías de desarrollo. La definición concreta de sistema comunitario de abastecimiento de agua de consumo es variable. Si bien una definición basada en el tamaño de la población o en el tipo de suministro puede ser adecuada en muchas circunstancias, los sistemas de abastecimiento de agua de consumo de las pequeñas comunidades y de los pueblos y ciudades de mayor tamaño se diferencian por sus sistemas de administración y gestión.

La administración y operación de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo comunitarios dependen en mayor medida de miembros de la comunidad que, con frecuencia, no cuentan con capacitación y que a veces no cobran por el servicio prestado. Los sistemas de abastecimiento de agua de consumo de zonas periurbanas de países en desarrollo, las comunidades de la periferia de las ciudades y pueblos grandes, pueden tener también características propias de los sistemas comunitarios (OMS 2016).

3.4 Tecnologías sostenibles para el tratamiento del agua

Ante esta grave crisis del agua a nivel global, hace tiempo que se plantea una gestión eco sistémica del agua, siguiendo los principios del desarrollo sostenible. Ello quiere decir que los recursos hídricos son limitados y que no se pueden mantener sin la conservación de los ecosistemas acuáticos en buen estado, de manera que se haga una gestión eficaz basada en el

ahorro, el reúso y la no contaminación del agua, todo ello en una planificación sostenible del territorio y una gestión integrada de las cuencas hidrográficas (Morato sf).

3.5 El monitoreo de la calidad del agua

Muchos países han dependido esencialmente de parámetros físico-químicos y microbiológicos para evaluar la calidad del agua. Para ello, se han desarrollado numerosos métodos e índices que tratan de interpretar la situación real, o grado de alteración de los sistemas acuáticos. Unos se basan exclusivamente en análisis de las condiciones químicas, que si bien “en principio” son de una gran precisión, son testigos, de las condiciones instantáneas de las aguas, y los efectos de los contaminantes se detectan si son dispuestos en el momento. Es decir, los resultados son puntuales en la dimensión cronológica y no revelan mucho de la evolución de una carga contaminante y la capacidad resiliente y amortiguadora de los ecosistemas acuáticos (Gutiérrez 2009).

3.6 Indicadores físicos y químicos del agua

Los parámetros químicos son más relacionados con los agroquímicos, metales pesados y desechos tóxicos. Este tipo de contaminación fisicoquímica es el más usual en las aguas subterráneas en comparación con las aguas superficiales. Relacionado por la dinámica del flujo de agua, los contaminantes son más persistentes y menos móviles en el agua subterránea, como es el caso de la contaminación con nitratos por su movilidad y estabilidad, por la presencia de asentamientos urbanos o actividades agrícolas aledañas (Mejía, 2005).

3.7 Temperatura

La temperatura es el potencial calorífico referido a un cierto origen. Las aguas subterráneas tienen una temperatura muy poco variable y responde a la media anual de la temperatura atmosférica del lugar, incrementando en el producto de la profundidad por el gradiente

geotérmico. La temperatura afecta a la viscosidad de agua y la capacidad de absorción de gases y otros (González 2001)

3.8 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica o específica es una medida de la capacidad del agua de conducir la corriente eléctrica, esta propiedad está relacionada y depende de la concentración de iones, valencias y temperatura de medición y se expresa en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. En las aguas superficiales las modificaciones importantes de la conductividad pueden variar rápidamente en el curso del día. Un agua natural ya sea de río, lago, embalse, manantial o un pozo puede tener una conductividad entre 50 y 500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Caballero 2007).

3.9 Alcalinidad

Según la OMS (2016) la alcalinidad es la capacidad de los solutos contenidos en un agua natural de reaccionar con un ácido y neutralizarlo, le confiere propiedades buffer es decir dificulta los cambios de pH.

3.10 Hierro

El hierro es un elemento esencial en la nutrición humana. Las necesidades diarias varían entre los 10 y 50 mg/día, los requerimientos mínimos varían en función de la edad, el sexo, el estado físico y la biodisponibilidad del hierro (OMS 2016).

En 1983, el JECFA estableció una MIDTP de 0,8 mg/kg de peso corporal para prevenir la acumulación excesiva de hierro en el organismo, aplicable al hierro de todas las fuentes excepto a los óxidos de hierro utilizados como colorantes y a los complementos de hierro que se toman durante el embarazo y la lactancia o por necesidades clínicas concretas. Si se asigna un 10% de la MIDTP al agua de consumo, se obtiene un valor de unos 2 mg/l, que no supone

un peligro para la salud. A concentraciones inferiores se verán afectados generalmente el sabor y aspecto del agua de consumo. No se propone ningún valor de referencia para el hierro en el agua de consumo (OMS 2016).

3.11 Sulfatos

Según Ramírez (2003). Los contenidos de sulfatos en aguas se deben a que las aguas atraviesan terrenos ricos en yesos y a contaminación con aguas residuales industriales. Su contenido no presenta problema de potabilidad, pero en algunas ocasiones niveles superiores a 300 mg/l puede ocasionar trastornos intestinales.

Así como lo establece la OMS (2016). Los sulfatos están presentes de forma natural en muchos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en la industria química. Se liberan al agua procedente de residuos industriales y mediante 347 precipitaciones desde la atmósfera; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales. En general, la ingesta diaria media de sulfato procedente del agua de consumo, el aire y los alimentos es de aproximadamente 500 mg, siendo los alimentos la principal fuente.

3.12 Dureza Total

Se determina por los cationes que toman compuestos insolubles como el jabón, así que es una suma de la cantidad de sales de calcio y magnesio presentes en el agua. La dureza es la suma de las concentraciones de calcio y magnesio evaluado como carbonato de calcio, sin embargo el comportamiento geoquímico es sustancialmente diferente al comportamiento del calcio (Ramírez *et al.* 1998). En agua dulce, los principales iones que originan dureza son el calcio y el magnesio; también contribuyen los iones estroncio, hierro, bario y manganeso.

La dureza del agua proviene de los terrenos que atraviesa, de las rocas sedimentarias, de las poblaciones y de las escorrentías; en algunos casos se debe a los vertidos de las industrias químicas inorgánicas y la industria minera (Caballero 2013).

3.13 Oxígeno disuelto

Argumenta que el oxígeno disuelto es uno de los parámetros más relevantes a la hora de evaluar la calidad del agua, ya que está asociado a la contaminación orgánica. Su concentración aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad y posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce. Cuando existen condiciones aeróbicas se produce una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitratos y fosfatos. Una vez que se consume todo el oxígeno comienza la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos (Cardona 2003).

3.14 Potencial de hidrógeno

Indica las concentraciones de iones de hidrógeno en el agua (Seoáñez, 1999) los cambios de pH en el agua son importantes para muchos organismos, la mayoría de ellos se han adaptado a la vida en el agua con un nivel de pH específico y pueden morir al experimentarse cambios en el pH (Mitchell *et al* 1991).

Según la OMS (2016) aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, siendo su valor óptimo generalmente de 6.5 a 9.5.

3.15 Turbidez

De acuerdo a Cardona (2003). Es el resultado de sólidos suspendidos en el agua que reducen la transmisión de luz, estos sólidos suspendidos son variados, así pueden ser arcillas, limos, materia orgánica y planton y hasta desechos industriales y de drenaje. Según Seoáñez (1999).

En niveles altos de turbidez, el agua pierde la habilidad de apoyar la diversidad de organismos acuáticos, aumenta la temperatura al sostener partículas que absorben el calor de la luz solar y el agua caliente conserva menos oxígeno que el agua fría, así al entrar menos luz disminuye la fotosíntesis necesaria para producir oxígeno.

3.16. Color

El color es la capacidad de una sustancia de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. Se mide por comparación con un estándar arbitrario. En general esta originado por materiales orgánicos de formaciones carbonosas o suelo vegetales. El agua pura en gran espesor en azulada. Si existe puede tomar color rojizo o negro con manganeso. Con H_2S se produce color azulado y con ácidos húmicos amarillento (González 2001).

3.17 Sólidos disueltos

Según la OMS (2016) los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los SDT presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales. Las sales empleadas en algunos países para eliminar el hielo de las carreteras también contribuyen a aumentar el contenido de SDT en el agua de consumo.

3.18 Calcio

Es el más abundante catión en los ríos, se origina casi completo de la meteorización de las rocas sedimentarias carbonatadas. La concentración de calcio conjuntamente con la magnesio es utilizada para caracterizar las aguas duras y blandas. Es un metal alcalino-terreo, es el principal constituyente de muchas rocas minerales comunes y tiene un solo estado de oxidación Ca^{2+} . Su comportamiento en los sistemas naturales acuosos está gobernando por la disponibilidad de los sólidos más solubles que contienen calcio y por el equilibrio que

involucra las especies de bióxido de carbono o por la disponibilidad de azufre en la forma de sulfatos. La presencia de calcio proviene del paso del agua a través de depósitos de caliza, dolomita, yeso y pizarras. Las concentraciones de calcio varían de 1° y 250 ppm en aguas dulces, pudiendo llegar a 600 ppm en aguas selenitosas (Caballero 2001).

3.19 Magnesio

Propiedades similares a las de ion calcio pero más soluble y algo más difícil de precipitar. Las concentraciones del ion magnesio oscilan entre 1 y 100 ppm en aguas dulces por (Gonzales 2001).

3.20 Potasio

Es el menos abundante de los principales cationes en las aguas de los ríos y es el elemento menos variable. Aproximadamente el 90% se origina de la meteorización del material silicio, en los feldspatos no alterados, en las partículas de mica y en minerales arcillosos. La solubilidad del ion potasio es muy elevada y difícil de precipitar, es afectado por el cambio de bases y es absorbido de forma muy poco reversible por las arcillas en formación, para formar parte de su estructura, circunstancias que lo diferencian del sodio (Caballero 2001).

3.21 Cloruros

El cloruro presente en el agua de consumo procede de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales, escorrentía urbana con sal de deshielo, e intrusiones salinas (OMS 2016).

3.22 Nitratos

Para la OMS (2016) el nitrato se utiliza principalmente en fertilizantes inorgánicos, y el nitrito sódico como conservante alimentario, especialmente para las carnes curadas.

3.23 Sílice disuelto

El Sílice es uno de los elementos químicos más abundante de la corteza terrestre (25,5 en peso). Las aguas fuertemente básicas pueden tener cantidades importantes de sílice iónicas, pero son muy raras en la naturaleza. El Sílice iónico contribuye a alguna medida a la alcalinidad del agua, aunque el CO_3 juega un papel importante al evitar que el pH incremente, limitado así la solubilidad de la Sílice. (Caballero 2001).

3.24 Hierro total

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, en el agua se presenta principalmente en los estados bivalentes y trivalentes (ferroso y férrico), en estado mineral (sales ferrosas= Fe^{2+} y salesa férricas $FeCl_3$ = o hidróxido= $Fe(OH)_3$) y en estado orgánico (coloides); en las aguas superficie se presenta en estado férrico (Fe III). La presencia del hierro en las aguas naturales puede ser consecuencia de la disolución rocas y minerales, del drenaje ácido de las minas, de lixiviaciones en rellenos, de sistemas de alcantarillados o industrial que elaboran hierro (OPS,1987). El hierro se encuentra en solución en forma de sales minerales, solo en aguas con pH entre 5 y 8 rara vez llega a 50 ppm, en aguas muy ácidas puede llegar a 100 ppm (Custodio *et al.* 2001).Citado por (Caballero 2007).

3.25 Fluoruros

El flúor representa aproximadamente 03 g/kg de la corteza terrestre. Sus compuestos inorgánicos se utilizan en la producción de aluminio, y la fabricación y utilización de fertilización fosfatados, que contienen hasta un 4% de flúor, liberan fluoruro (OMS 2016).

3.26 Nitritos

La concentración de nitrato en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares. (OMS 2016).

3.27 Demanda Bioquímica de Oxígeno

Según Mejía (2005). Es un parámetro que representa la materia orgánica biodegradable. Es la más usada para determinar la eficiencia de los tratamientos que se aplican a los líquidos residuales. Se da cuando ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse a un curso de agua, captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. Esta es una medida de la estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral como el hierro, nitritos, amoníaco, sulfuro y cloruros.

3.28 Metales pesados

Los metales pesados llegan a los cuerpos de agua por procesos naturales tales como el intemperismo, el vulcanismo y la actividad hidrotermal, pero también son aportados por las actividades humanas a través de las aguas de escurrimiento, de los ríos, efluentes industriales y municipales, el depósito directo y por vía atmosférica(Paez *et al.* 1999) citado por (Arvizu 2004).

3.28.1 Arsénico

El arsénico es un elemento distribuido extensamente por toda la corteza terrestre, en su mayoría en forma de sulfuro de arsénico o de arseniatos y arseniuros metálicos. Los compuestos de arsénico se utilizan comercialmente y en la industria, principalmente como

agentes de aleación en la fabricación de transistores, láseres y semiconductores. La principal fuente de arsénico del agua de consumo es la disolución de minerales y menas de origen natural (OMS 2016)

Cuadro 1. Valor admisible de arsénico en el agua potable según las normas OMS.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Arsénico	mg/l	-	10.00

3.30 Efectos Potenciales de los plaguicidas en la Salud

Uno de los mayores impactos de la actividad agrícola es sobre la salud humana, el ambiente y la deterioración de la calidad de agua, las cuales resultan de la adición de químicos, principalmente fertilizantes de nitrato y plaguicidas, el nivel de entradas de los fertilizantes y plaguicidas por unidad de área ha incrementado sustancialmente.

En general el cuadro clínico de intoxicaciones crónicas por plaguicidas organoclorados se caracteriza por anorexia, adelgazamiento, señales polineuríticas, alteraciones hepáticas, trastornos del ritmo cardíaco, lesiones oftalmológicas tales como conjuntivitis alérgica, blefaritis, angiopatía de la retina y otros (Arias *et al.* 1990).

3.30.1 Plaguicidas

Los plaguicidas son sustancias o mezcla de sustancias utilizados en la agricultura para prevenir, destruir o controlar una plaga cualquiera, incluyendo los vectores de enfermedades humanos o de animales (Albert, 1997), son los compuesto que más daños ejercen sobre el medio ambiente a pesar de los múltiple beneficios que se obtienen de su uso en las labores agrícola. Son moléculas sencilla o extremadamente complejas, su composición física y química determinan la actividad y el grado toxicidad en los organismos expuestas a ellos.

Las propiedades más importantes de los plaguicidas se describen a continuación (Caballero 2007).

3.30.2 Clasificación de los plaguicidas

Los plaguicidas se clasifican de acuerdo al organismo que atacan en: Insecticidas, Funguicidas, Herbicidas Acaricidas Rodenticidas y Moluscaricidas (CIRA-Modulo I, 1997). Entre los grupos más importantes que se aborda en esta investigación están Organoclorados, Organofosforados (González).

3.30.3 Organoclorados

El DDT fue el primer compuesto sintetizado en el año de 1874 y sus propiedades insecticidas fueron descubiertas en 1939. El DDT técnico es un polvo blanco, amorfo, estable, compuesto de más de 14 análogos e isómeros.

En 1942 fue descubierto el hexaclorobenceno, su acción insecticida simple y efectiva. De estos isómeros, γ -HCH tiene la mayor actividad insecticida y es comercializado como lindano, sin embargo el α -HCH y el β -HCH son más tóxicos. Para animales (Moore *et al* 1984).

3.30.4 Organofosforados

Estos compuestos generalmente son de mayor interés que los organoclorados. Ellos son generalmente más tóxicos que los alternos organoclorados, pero su persistencia es mucho menor. Son más soluble en agua y en consecuencia se acumulan menos en tejidos biológicos. Los tres tipos mayores de esta clase de plaguicida son: fosforotiolatos, fosforotiolatos y fosforoditioatos (Moore *et al.*1984).

3.30. 5 Características especiales de los plaguicidas-persistencia

Un plaguicida es aplicado directamente al suelo, o en forma de espray, rociándolo sobre las hojas de las plantas, persistiendo una cantidad de éste por absorción de las plantas y la otra parte de éste es disuelta y arrastrado por el agua de lluvia hasta incorporarse en el suelo que luego puede migrar y alcanzar las aguas subterráneas (Doménech X 1994).

3.30.6 Persistencia en el agua

La contaminación de las aguas normalmente resulta de la aplicación directa para el control de vectores transmisores de enfermedades como mosquitos, e indirecta por medio de partículas transportadas por los vientos provenientes de áreas tratadas con plaguicidas y por medio de desechos industriales. Las aguas superficiales contienen una mayor fracción de plaguicidas y una menor parte existe en los lechos freáticos (INCAP 1992).

Cuadro 2. Normas Europeas para agua potable

Parámetros	Concentración Máxima Admisible	Unidades de Medición
Plaguicidas y productos Relacionados	Plaguicidas y productos relacionados significa insecticidas, herbicidas, herbicidas fungicidas, PCB y PCT	
Por cada compuesto Total	0.1	$\mu g. l^{-1}$.
Sumatoria de los	0.5	$\mu g. l^{-1}$.
compuestos	0.2	$\mu g. l^{-1}$.

3.31 Microorganismos indicadores de contaminación

Los organismos no patógenos que están siempre presentes en el intestino de los humanos y animales se excretan junto con los patógenos, pero en muchas mayores cantidades. Los organismos indicadores de contaminación deberían: (1) ser fácilmente detectados e identificados, (2) ser del mismo origen que los patógenos (por ej., del intestino), (3) estar

presentes en mucho mayor número que los patógenos, y (4) ser no patógenos por sí mismo (Gray 996).

3.31.1 Microorganismos indicadores

Por motivos relacionados con la complejidad, el costo y el tiempo que se tarda en obtener los resultados, los análisis de agentes patógenos específicos se limitan generalmente a la validación, cuya función es comprobar si un tratamiento u otro proceso elimina de forma eficaz los microorganismos objetivo. Muy ocasionalmente, se pueden realizar análisis de agentes patógenos para comprobar que un tratamiento o proceso específico ha sido eficaz. No obstante, los análisis microbiológicos incluidos en el monitoreo operativo y de verificación (incluida la vigilancia) se limitan habitualmente a la detección de microorganismos indicadores, ya sea para medir la eficacia de las medidas de control o como índices de contaminación fecal (OMS 2016).

El uso de la presencia de microorganismos indicadores como indicio de contaminación fecal es una práctica bien establecida en la evaluación de la calidad del agua de consumo. Se determinó que estos indicadores, además de no ser patógenos, debían cumplir los criterios siguientes:

- Estar universalmente presentes, en grandes concentraciones, en las heces de personas y animales;
- No proliferar en aguas naturales;
- Tener una persistencia en agua similar a la de los agentes patógenos fecales;
- Estar presentes en concentraciones mayores que las de los agentes patógenos fecales;
- Responder a los procesos de tratamiento de forma similar a los agentes patógenos fecales.
- Poder detectarse fácilmente mediante métodos sencillos y baratos.

Cuadro 3. Valor admisible de microorganismos en agua potable según las normas CAPRE.

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO
Coliformes Totales	UFC/100ml	0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100ml	0
Enterococos	UFC/100ml	0
Coliformes Termotolerantes	UFC/100ml	0

3.31.2 Coliformes totales

Los coliformes totales incluyen una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C (OMS 2016).

3.31 3 Coliformes termotolerantes

Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes (OMS 2016).

3.31.4 Enterococos

Los enterococos intestinales incluyen las especies del género *Streptococcus* y son un subgrupo del grupo más amplio de los estreptococos fecales. Estas bacterias son grampositivas y relativamente tolerantes al cloruro sódico y al pH alcalino. Son anaerobias facultativas y pueden encontrarse aisladas, en parejas o en cadenas cortas (OMS 2016).

3.31.5 Escherichia coli

Escherichia coli se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima E-glucuronidasa. *Echerichia coli* está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. (OMS 2016)

3.32 Política de agua y saneamiento en Nicaragua

La política de abastecimiento de agua y saneamiento son aumentar la cobertura efectiva, mejorar la calidad del servicio, promover el uso racional de este recurso, y asegurando el mantenimiento de los sistemas y redes existentes (PNUD 2012).

Del 2007 al 2011, la cobertura de agua potable en el área urbana se incrementó de 72.0% al 82.1 %. En el área rural el servicio de agua potable según información de línea de base era de 56.3% en 2007, sin embargo, como parte de la revisión de las estadísticas se realizó encuesta de percepción en los 153 municipios encontrándose para el año 2001 una cobertura de 60.4%, de los cuales un 33.5% de cobertura activa y un 24.9% que demandan rehabilitación y remplazo (PNUD 2012).

Según el (PNUD, 2012) en el caso de los servicios de alcantarillado sanitario en el área urbana, la cobertura según línea de base era del 36.5% ajustado a los nuevos datos poblacionales de INIDE la cobertura se estima en 35.6% al 2011. La población atendida con nuevos servicios de saneamiento en el área urbana fue 77,331 personas en 2007 y 66,898 en 2011. La cobertura de saneamiento en el área rural para el 2011 fue de 42.6%, beneficiándose 52,000 personas en 2007 y 62,433 en 2011.

3.33 Saneamiento rural en Nicaragua

Según la ONGAWA (2013) Nicaragua es el segundo país más pobre de la región latinoamericana, con una renta per cápita anual de U\$\$1,239.2, y en donde el 15% de la población se encuentra en condiciones de extrema pobreza y la media de escolaridad es de tan solo 5,8 años.

A lo largo de muchos años los programas de mejora del saneamiento rural se han centrado en la construcción de letrinas, aunque en el 2008 se evidencio deficiencia que afectaban a la calidad del servicio (ONGAWA 2013).

Dentro de las tecnologías de saneamiento rural que se han promovido en el país en la última década se encuentra la Taza Rural, una letrina de arrastre hidráulico que estaba siendo impulsada por La Cooperación Suiza para el desarrollo (COSUDE) en el marco del Programa AGUASAN con sus contrapartes nacional ONGAWA 2013.

En 2012 en la zona rural se realizó una evaluación técnica y social y ambiental del IEP y TR, se basó en la realización de 305 encuestas en donde se realizaron grupos focales con 16 municipios y 30 comunidades las familias donde se instaló, el 88% de las mismas preferían estas tecnologías a las letrinas convencionales (ONGAWA 2013).

3.34 Derecho humano al agua y saneamiento

La Asamblea General de las Naciones Unidas, el 28 de julio de 2010, a través de la Resolución 64/292, reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. La Resolución exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, a propiciar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los países en vías de desarrollo, a proporcionar un

suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos RASNIC (2015).

3.35 Comité de agua potable y saneamiento (CAPS)

Los CAPS son estructura comunitaria lideradas por persona electas por la comunidad que voluntariamente realiza las labores de administración, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y saneamiento. En la mayoría de los casos, estas acciones son realizadas con recursos escasos, bajo nivel educativo y poca formación de sus integrantes para ejercer las tareas asignadas y demás con una limitada capacidad de las instituciones para darles atención y seguimiento (ONGAWA 2013).

Según la ONGAWA (2013) en Nicaragua los CAPS son reconocidos legalmente a través de la ley especial de Comités de agua Potable y Saneamiento (Ley 722), la cual otorga facultad y beneficios, pero también implica el cumplimiento de requisitos en cuanto a su organización, constitución y funcionamiento.

En este sentido, la gestión comunitaria de agua constituye uno de los principales retos y referentes de los esfuerzos por la realización del derecho humano al agua, especialmente en las áreas rurales de los países más pobres del mundo. En Latinoamérica se estima que estas organizaciones comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) proveen de agua potable a un millón doscientos mil pobladores (ONGAWA 2013).

3.36 Planteamiento de las políticas y línea estratégicas para el derecho de agua y Saneamiento para el periodo 2012-2016.

- a) La política de abastecimiento de agua y saneamiento está dirigida a la administración eficiente de los recursos hídricos y promoción de una conducta más solidaria de la población. La calidad de la cobertura del agua potable y saneamiento estará en función del: i) rehabilitación de redes y colectores del sistema de saneamiento en mal estado;

ii)implementación de un plan para el control de contaminación de los sistemas y promoción de la responsabilidad social, empresarial y ciudadana; iii)impulso de una política intensiva de monitoreo de la calidad de agua y los afluentes, la protección de las fuentes y la educación de las nuevas generaciones; iv)avance en la integración de un mayor número de comunidades al servicio de sistemas de agua potable (PNUD 2012).

Según el PNUD (2012). Las metas más importantes son:

- Aumento de la cobertura de agua potable en el área urbana y rural. El índice de cobertura de agua potable urbana será de 91.0%. El índice de cobertura de agua potable rural será de 50.7%.
- La cobertura de agua potable se ampliará en el área urbana y rural del país atendiéndose a 845,277 nuevas personas con servicios de agua potable. Un total de 1, 524,717 personas serán atendidas a través de las redes de agua potable mejorada.
- Continuar la ampliación de cobertura de agua potable con base al potencial de la calidad de agua potable del lago Cocibolca hacia municipio que técnicamente sea factible.
- El índice de cobertura de saneamiento urbano será de 46,3% y el rural de 53,0%.Se atenderá con nuevos servicio a un total de 676,595 nuevas personas, y 629,676 será atendidas a través de las redes de saneamiento reparadas, modernizadas y/o con mantenimiento.
- Se tiene proyectado la perforación y/o rehabilitación de 118 pozos en zonas rurales; 59,903 conexiones domiciliarias de aguas residuales; construcción de 1,322 inodoros ecológicos y construcción de 1,83 letrinas.

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación y descripción de los sitios de estudio

El presente trabajo se realizó en la república de Nicaragua, específicamente en dos comunidades, El Edén del municipio de Ticuantepe, departamento de Managua y El Comején en Masaya, Masaya, el estudio se realizó bajo la coordinación del Centro de Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA) de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. A continuación, se presentan los mapas de las dos comunidades seleccionadas cuyas características similares a elegir fueron que estuvieran ubicadas en el área rural y que cada una de las comunidades tuviera un diferente sistema de abastecimiento de agua operando activamente a sus usuarios.

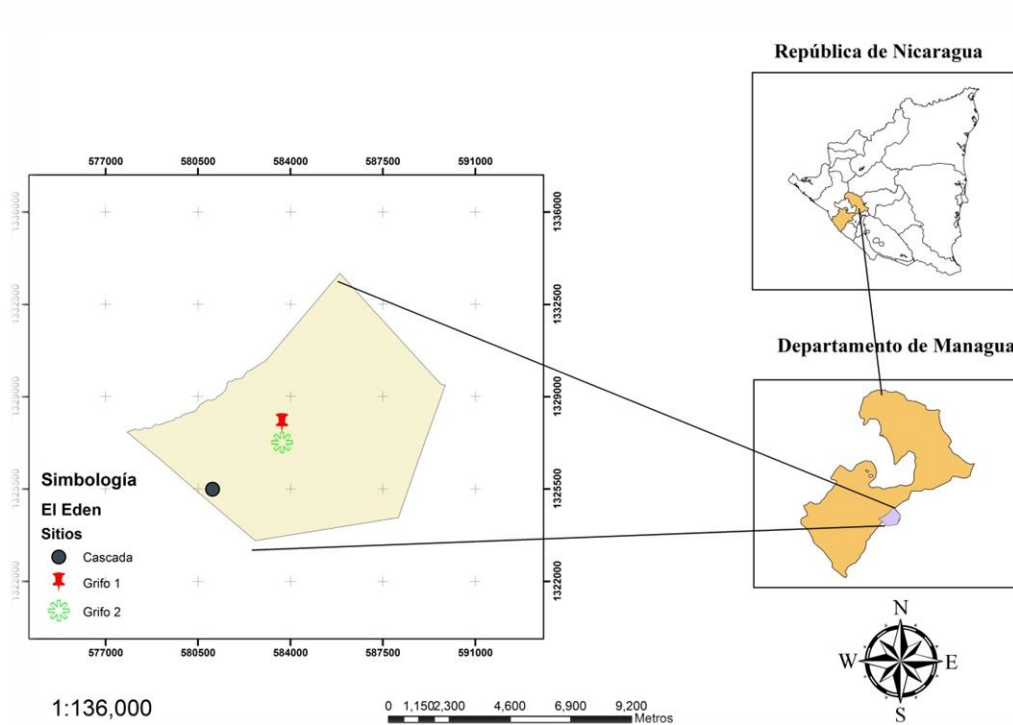


Figura 1. Ubicación del área del Edén.

La comunidad El Edén, Ticuantepe, está ubicada en el Km 6 de Managua, limita al norte con la comunidad Las Enamoradas, al sur con la comunidad Los Ríos, al este limita con Los Borgoñas y al oeste con Las Dispersas. Esta comunidad El Edén se encuentra en el área de la Reserva Natural El Chocoyero. Además, cuenta con una población de 1500 habitantes y desde 1990 utilizan el sistema de Mini-acueducto por gravedad (MAG).

4.2. Aspectos Generales de la Comunidad

La comunidad el Edén fue fundada por cuatro familias hace aproximadamente unos 150 años sus límites son las siguientes al norte con la comunidad Las Enamoradas, al sur con la comunidad Los ríos, al este con Los Borgoñas y al oeste con Las Dispersas, la carretera es de tierra y está en una condición regular, los medios de difusión por las que se informan los pobladores es por la radio y televisión, los deportes que se practica es el béisbol y el futbol.

La comunidad del Edén está compuesta por tres sectores; centro del barrio San Felipe, sector de colegio y Mauricio Roble. La población total está conformada actualmente por 340 familias distribuidas de la siguiente manera con 850 menores de 12 años, 311 mayores de 12 años, 598 mujeres en total y 563 hombres en total.

La comunidad El Comején se encuentra a una distancia de 10 km de la ciudad de Masaya, limitada al norte con Comején Uno, al sur con Las Flores, al este con La Corteza y al oeste con San José, cuenta con una población aproximadamente de unos 2000 habitantes los cuales demandan el abastecimiento de agua. La comunidad se abastece de agua de una fuente subterránea Mini-acueducto por bombeo eléctrico (MABE) funcionando desde hace muchos años, y que fue donado por la cooperación japonesa (JICA), tiene un registro estimado de unos 467 usuarios en una red de distribución que abastece a cuatro comunidades vecinas y dos residenciales nuevas.

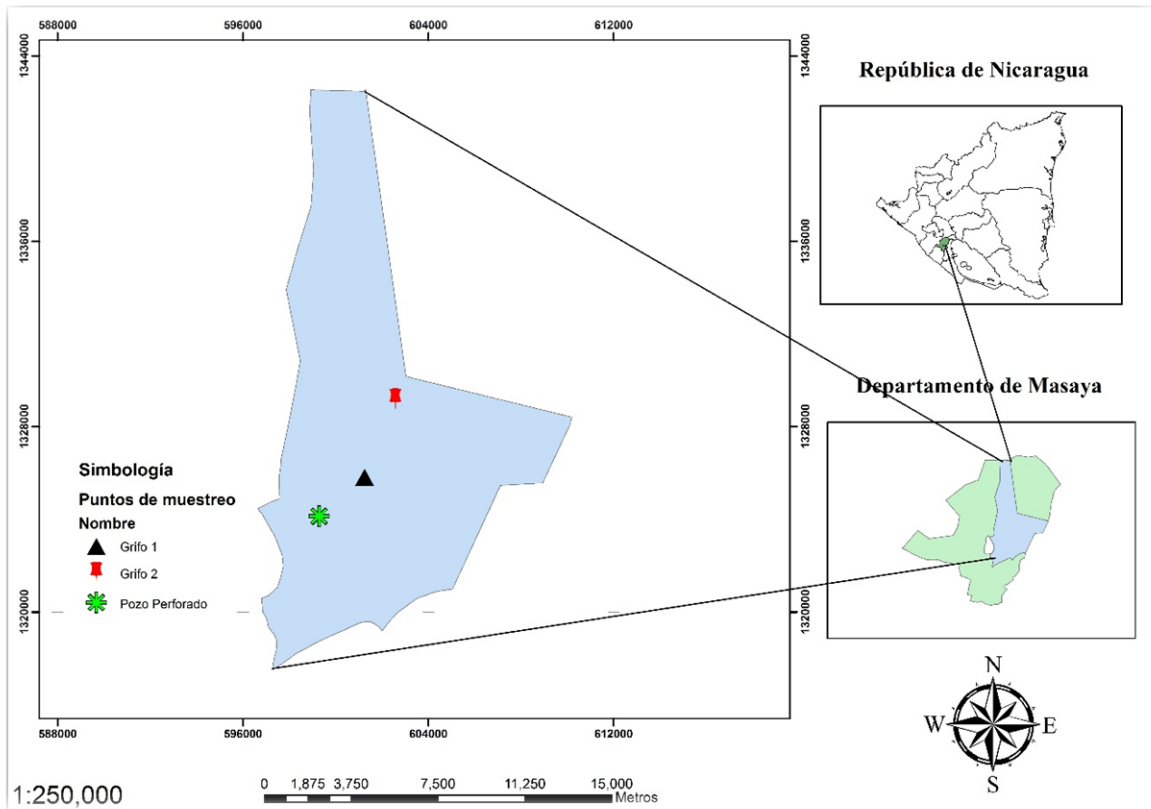


Figura 2. Ubicación del área de estudio en la Comunidad El Comején, Masaya

4.3. Materiales y Equipos

Para realizar esta investigación se necesitaron los siguientes materiales y equipos: instrumentos recolectores de información (encuestas poblacionales, guías de diagnóstico comunitario dirigido a líderes, ficha de inventario rápido de comunidades, formato de diagnóstico y monitoreo de sistemas de agua, entrevistas de gestión de agua a los CAPS) , computadora, GPS, hielera, hielo, radio comunicador y teléfono, cuerda, guantes de latex, botequín de primeros auxilios, gotero, lapiceros o lápiz tinta, marcador de tinta indeleble, cronometro, bolsas estériles, kits para monitoreo de cloro residual en campo, frascos esterilizados, cámara, libreta de campo, formatos de campo, frascos para análisis fisicoquímico, frascos para muestras microbiológico, agua destilada, pizetas, datashow, vehículo, pH-metro, conductimetro, calculadora, agua desionizada, papel desechable, SIG y Otros

4.3. Método

En las dos comunidades donde se realizó el estudio se organizaron grupos focales para posibilitar el acercamiento con los líderes comunitarios, además se presentó el trabajo a desarrollar que consistió en el monitoreo de la calidad de agua para consumo y saneamiento básico en las dos comunidades seleccionadas, cada junta directiva de comité de agua potable y saneamiento en cada comunidad elaboró y presentó un mapa de la comunidad con la descripción de su sistema de agua y de la red de distribución, asimismo identificaron en el mapa, los sitios deseables para realizar el monitoreo durante cuatro semanas, aprobando el estudio propuesto. También se llevó a cabo una visita de reconocimiento *in situ* de los sitios de muestreo propuestos por los CAPS, en cada comunidad y el aseguramiento de la cooperación asertiva de los usuarios dueños de los sitios de muestreo seleccionados por los CAPS, para realizar el monitoreo de la calidad del agua.

4.4. Aplicación de diagnóstico a las comunidades seleccionadas

4.4.1 Criterios para la selección de muestreo

Para establecer el tamaño muestras, se aplicó el mismo criterio estadístico en ambas comunidades debido al tamaño de la población en cada una de ellas:

a) Tamaño de la muestra

Para la elección de los usuarios se tomó la cantidad de 168 usuarios que representa el 33% para la comunidad El Comején, Masaya y El Eden Ticuantepe esta representación se consideró ya que en Nicaragua se han realizado investigaciones haciendo uso de la misma.

La selección de cada usuario que se entrevistó se tomó como referencia una vivienda de donde se continuará hacia la orientación norte, oeste, sur y este, dado las características del terreno geográfico donde se encuentran las viviendas dispersas entre las comunidades, villas y lotificación.

El Mecanismo que se utilizó para definir el número de los usuarios en la comunidad El Comején, Masaya fue: $N/n = 510 / 168 = 3$, es decir de cada tres viviendas, el mecanismo que se utilizó para definir el número de los usuarios en la comunidad El Eden, Ticuantepe fue de la siguiente manera: $N/n = 285 / 94 = 4$, cada cuatro viviendas de usuarios se inició con la aplicación, en caso de que se encuentre una casa cerrada se tomó la siguiente vivienda y así sucesivamente, hasta completar la muestra definida.

En las dos comunidades se aplicó un diagnóstico de monitoreo y seguimiento a cada uno de los constituyentes de los sistemas de distribución de agua en cada comunidad, esto en, fuentes de agua superficiales, pila de captación, grifos en la Comunidad El Edén, Ticuantepe y en el pozo perforado y grifos en la Comunidad el Comején, Masaya. Para conocer las actividades de los CAPS se aplicó un instrumento de Buenas Prácticas de la Gestión de los Comités de Agua Potable y Saneamiento sobre el Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento que deben de recibir cada una de las comunidades en el estudio. También se aplicó una guía de diagnóstico comunal a los líderes.

4.6 Calidad de agua de las dos comunidades

4.6.1 Protocolo de muestreo

El procedimiento para muestreo de agua que se utilizó es el que está establecido en el protocolo del PON/CIRA para agua de consumo humano. Una vez obtenida la muestra fueron preservadas y puestas en un termo con hielo y se trasladaron con todas las medidas de transporte, almacenamiento y custodia establecidos. Una vez introducida al laboratorio se procedió al respectivo análisis de las variables: físico químico, Microbiológico, plaguicidas y metales pesados siguiendo los procedimientos operativos del Aseguramiento y control de calidad (PROC ACCL) establecidos por los laboratorios de CIRA/UNAN.

a) Colecta de la muestra

Se determinó realizar dos muestreos puntuales y dos monitoreo semanales en las comunidades con el objetivo de obtener una información confiable.

Los muestreos puntuales se realizaron en la cascada El Chocoyero en la comunidad El Edén, donde se tomaron muestras para los siguientes parámetros: plaguicidas, metales pesados, físicoquímico y Microbiológicos. Y en el sistema de distribución se tomó muestras microbiológicas en el grifo 1 de la señora Sonia Cerna ubicada al inicio de la red y al grifo 2 del señor José Thomas que esta al final del sistema.

El muestreo puntual de la comunidad en El Comején Masaya se realizó en el pozo perforado considerando los siguientes parámetros: plaguicidas, metales pesados, físico químico, Microbiológicos Y en el sistema de distribución también se realizaron muestreos microbiológicos en el grifo 1 ubicada al inicio de la red y al grifo 2 que está al final de la red.

Los monitoreos que se desarrollaron durante los cuatros semanas se realizaron en la cascada el Chocoyero, tanque de captación, y dos grifos en la red de distribución en la comunidad El Edén. En la comunidad El Comején, se realizaron en el pozo perforado, y dos grifos, los parámetros analizados en las dos comunidades son los siguientes: cloro residual, turbidez, conductividad, pH y temperatura.

4.7 Devolución de resultados y recomendaciones

Con el objetivo de presentar los resultados preliminares del diagnóstico y el monitoreo de la calidad de agua para consumo y saneamiento básico de las dos comunidades, se realizó una convocatoria a los miembros del comité de agua potables y saneamiento de las comunidades El Comején y El Edén, al personal técnico científico del CIRA/UNAN y a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN, Managua. Dicha reunión se realizó en las instalaciones del CIRA/UNAN, para socializar los hallazgos encontrados en todas las etapas

de la investigación y también brindar las recomendaciones necesarias para que los actores claves de la comunidad puedan realizar actividades para mitigar las diferentes problemáticas encontradas en la investigación.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Comunidad el Edén en Ticuantepe.

5.1.1 Situación educativa

La escuela de la comunidad tiene cinco aulas, dos inodoros y se encuentra en buenas condiciones, la cantidad de estudiantes es de 240 que están en los niveles primaria y secundaria, el centro educativo no cuenta con servicio de agua potable, pero si tiene espacios físicos para recreación.

En los últimos años el Ministerio de Educación ha desarrollado programas de alfabetización, pero los líderes expresan que es necesario promoverlo de manera continua

De acuerdo a lo expresado por el presidente del CAPS de la comunidad. Muchos de los(as) Estudiantes desertan debido que los familiares se trasladan a otros lugares, por esta inestabilidad y desinterés de los padres no continúan con sus actividades académicas.

5.1.2 Situación de la salud

La población no tiene centro de salud asignado por el Ministerio de salud. Pero sí hay una casa base, que les abastece de cloro líquido y abate para dar tratamiento al agua. Las enfermedades más comunes que padece la comunidad están relacionadas con las enfermedades respiratorias, fiebres, gripe dengue, malaria, y enfermedades de la piel.

Las mujeres embarazadas son atendidas en el hospital amistad México Nicaragua. Hay 240 niños/as con control de inmunizaciones a los niños menores de 5 años se les realiza en el Centro de Salud de Ticuantepe, si hay referencias de prácticas de medicina natural

5.1.3 Agua y saneamiento

Las fuentes de abastecimiento de agua de la comunidad, es la cascada de El Chocoyero, el agua es almacenada en un pila cercana a la misma que posteriormente se traslada por sistema MAG hasta una pila de captación que está ubicada en el sector de san Felipe. Hace aproximadamente ocho años la comunidad recibió filtros lentos de arena por parte del MINSA para tratar el agua, pero actualmente están deteriorándose en las afueras de la misma.

No se conoce la existencia de pozos excavados individuales, el nuevo proyecto que está en desarrollo es un pozo perforado que el Ministerio de Salud (MINSA) y Empresa Nicaragüense de Acueducto y Alcantarillado (ENACAL), están promoviendo este nuevo proyecto con el objetivo de abastecer a los pobladores con agua de calidad.

La disponibilidad de agua en la naciente de la cascada el Chocoyero está en peligro, según el último aforo que realizaron los miembros del CAPS demostrando que ha disminuido la producción de agua.

5.1.4 Calidad de la vivienda

La comunidad tiene 340 viviendas, los materiales usados en la vivienda son: Zinc, Madera, concreto y hierro, solo 100 de esas viviendas están deterioradas, las situaciones de las letrinas de las comunidades están en mal estados

5.1.5 Medio ambiente y tenencia de la tierra relativa a la producción

La biodiversidad con la que cuenta la zona es alta, ya que es un área protegida, durante los recorridos se observó muchas deforestaciones y el avance de la frontera agrícola está causando que las fuentes de agua se sequen, se realizó una visita a dos fuentes que están ubicadas por el centro de educación secundaria, en el nacimiento Las tejas y Agua dulce, para ver las condiciones, pero estaban extintas. Según lo que nos expresaba la señora Sonia Cerna que esas nacientes fue de donde se abastecían en el año 1980.

La reserva el Chocoyero está ubicada a 21 ½ Km. de la capital Managua. La reserva es una pequeña y estrecha cañada, limitada por farallones casi verticales y por laderas sumamente escarpadas, ubicada en la parte media de la microcuenca Chocoyero formando parte también de las sierras de Managua, consideradas por Walsh (1999), el pulmón de la ecoregión del pacífico de Nicaragua. La zona núcleo de la reserva se localiza en el municipio de La Concepción, pero la zona de amortiguamiento es compartida también por los municipios de Ticuantepe y El Crucero.

Cuadro 4. Organizaciones y acciones especializadas.

Instituciones	Acciones específicas
ENACAL	Asistencia técnica
Alcaldía	Abastecimiento de agua, conservación de flora y fauna.

5.1.6. Identificación de los principales problemas de sector agua y saneamiento

Entre los problemas expresados por los líderes y la comunidad con relación a programas de agua y saneamiento figuran la falta de limpieza, protección y tratamiento a las actuales fuentes de agua, mala calidad de la agua potable, falta de relleno sanitario y Falta de uso de las letrinas.

5.2 Resultados de calidad del Agua

5.2.1 Análisis físicos y organolépticos:

Cuadro 5. Valores de los macro constituyentes

pH, en Unidades de pH.	CE, en $\mu\text{S.cm}^{-1}$	Sólidos Totales Disueltos en mg.l^{-1}	Turbidez, en UNT	Color, en mg.l^{-1} de pt-Co
8.23	419.00	282.94	11.50	5.0
$\mu\text{S.cm}^{-1}$ -Microsimes por segundo UNT-Unidades Nefelometricas de Turbidez				

El valor de pH que se observa es de 8.3 unidades de pH, indica que las condiciones son ligeramente alcalinas de la cascada, esta variable debe considerarse en la hora de aplicar cualquier procedimiento de desinfección. Este valor de pH reportado se encuentra dentro del rango recomendado, para aguas de consumo humano de acuerdo a las normas CAPRE, (1993) es de 6.5 a 8.5 y las normas de la OMS de 6.5 a 9.0.

La conductividad eléctrica medida en la cascada fue de $419.00 \mu\text{s.cm}^{-1}$. Y se encuentra en el rango de los valores recomendados por las normas CAPRE, (1993) que es de $400 \mu\text{s.cm}^{-1}$.

Los sólidos totales disuelto (STD) reportaron un valor de 282.94mg.l^{-1} , en cuanto a los aspectos de salud la OPS (1987), sostiene que las sales minerales comunes disueltas afectan el sabor del agua, considerado de excelente sabor aquellas que presentan una concentración de STD inferior a 300mg.l^{-1} , el resultados mostro que son aguas con un bajo grado de mineralización.

La turbidez fue de 11.50 UNT, este valor es alto la cual no permitirá una desinfección eficaz de los microorganismos patógenos y las bacterias de contaminación fecal. De acuerdo a la OPS (1987) para que la desinfección de una agua sea efectiva, la turbidez siempre debe ser baja, de preferencia menos de 1 unidad nefelométrica de turbidez (UNT) y, siempre, menos

de 5 UNT; este valor es muy alto ya los microorganismos se aglomeran, se adhieren a las partículas, permitiendo protección a estos y no es efectiva la desinfección.

Con respecto al color verdadero de la muestra, este fue bajo 5.0 mg.l^{-1} de Pt-Co, y se encuentra por debajo de lo valores permisibles requerido por las normas CAPRE, (1993) para aguas de consumo humano que es de 15 mg.l^{-1} de Pt-Co. Este valor reportado muestra que el manantial no tiene sustancias húmicas disueltas y no hay evidencia de sustancias como el hierro y el manganeso disueltos, indicando que son aguas de muy buena calidad.

5.2.2 Macro constituyente:

La distribución de los cuatros cationes y de los aniones principales por su abundancia de mayor a menor sigue el siguiente orden: $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^{++} > \text{K}^{++}$ y para aniones $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^- > \text{Cl}^-$.

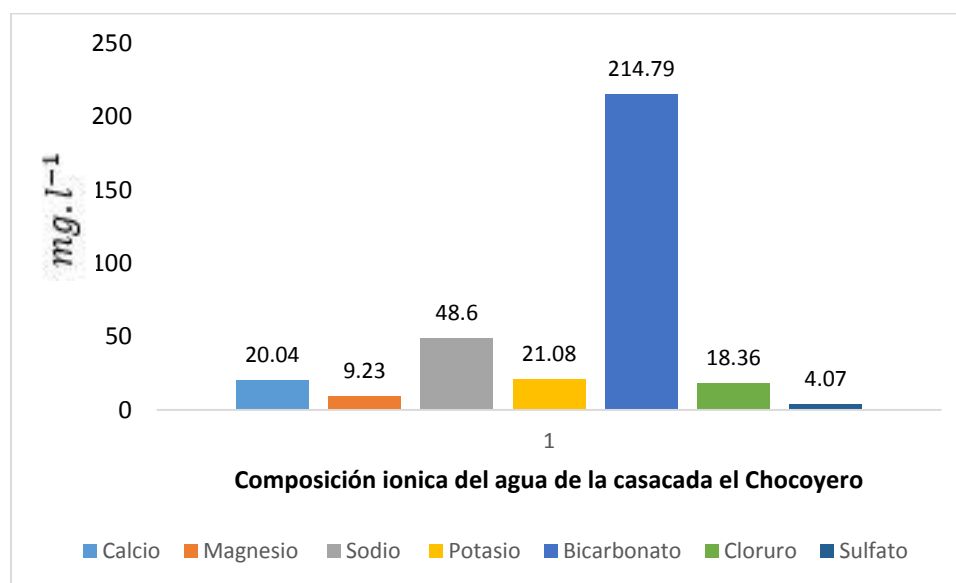


Figura 3 Composición de los macronutrientes en la cascada el Chocoyero de la comunidad el Eden.

La composición de los macronutrientes, reflejan los bajos valores de mineralización. Las sales disueltas se encuentran en concentración que se sitúan dentro de los rangos para agua

dulce (Custodio *et al.* 1996) y los valores de cada uno de ellos están dentro de los valores máximos admisibles para aguas de consumo humano de acuerdo a la norma CAPRE (1993).

Las concentraciones mayores que se destacaron en el análisis realizado al manantial de la cascada El Chocoyero fueron los bicarbonatos, calcio y Sulfato (HCO_3 , Ca y SO_4 -).

Cuadro 6. Concentraciones de elementos y compuestos químicos

Alcalinidad Total mg. l ⁻¹	Dureza Total mg. l ⁻¹	Hierro Total mg. l ⁻¹	Sílice Disuelta mg. l ⁻¹	Fluoruro mg. l ⁻¹	Alcalinidad a la fenolftaleína mg. l ⁻¹
83.2	163,00	0.84	84.72	1.15	<1,67
<Id-valor por debajo del límite de detección del método, que es de 0.002 mg. l ⁻¹					

a) Dureza

La dureza del agua no es un analito independiente, ya que está relacionado con la mezcla compleja y variable de cationes y aniones, entre ellos el hierro y otros iones polivalentes. En este estudio la dureza encontrada en el manantial de la cascada El Chocoyero es de 163,00 mg. l⁻¹ Ca CO₃ clasificándose como agua dura (rango 121-180 mg. l⁻¹). La dureza total expresada como carbono de calcio. Desde el punto de vista sanitario las aguas blandas y duras son satisfactorias para consumo humano (OMS, 2016).

Cuadro 7. Clasificación del rango de concentración de la dureza en las Aguas.

Rango de Dureza (mg. l⁻¹ Ca CO₃)	Descripción
0-60	Blanda
61 -120	Moderadamente dura
121-180	Dura
Más de 180	Muy dura

Fuente: OMS 1995

b) Alcalinidad

La alcalinidad que se reporta en la cascada el Chocoyero es de 83.02 mg.l^{-1} expresada como Ca CO_3 esa cascada presenta característica de alcalinidad media al comparar los resultados obtenidos. La alcalinidad se genera a medida que el agua hace contacto con el suelo y disuelve las rocas que contienen carbonato de calcio, como calcita o piedra caliza (OMS, 2016).

Cuadro 8. Rangos de alcalinidad en agua dulce.

Rango	Alcalinidad $\text{mg.l}^{-1} \text{ Ca CO}_3$
Baja	<75
Media	75-150
Alta	> 150

Fuente OMS, 2016.

a) Hierro total

De acuerdo a la OPS, (1987). La presencia de hierro en las aguas naturales puede ser consecuencia de la disolución de rocas y minerales, en las aguas se presenta principalmente en los estados bivalente y trivalente (ferroso y férrico).

En la presente investigación la concentración de hierro total fue de 0.84 mg.l^{-1} y de acuerdo a lo que establece las normas CAPRE, 1993 y la OMS (1995), el valor máximo admisible de hierro para aguas de consumo humano es de 0.30 mg.l^{-1} . Es decir que el agua de este punto de estudio está apta para ser bebida.

b) Sílice

La concentración de sílice en el cascada es de 84.72 mg.l^{-1} . Sin embargo actualmente no existe un valor recomendado de sílice para agua de consumo humano.

La mayor parte de la sílice disuelto en aguas proviene de la descomposición química de los silicatos en los procesos de metamorfismo o meteorización. En la mayoría de las aguas

naturales la concentración de sílice varían entre 1-30 mg.l⁻¹. Suele ser menor de 100 mg.l⁻¹. (Romero, 1999).

c) Fluoruros

La OMS, (1995). Establece un valor de 1.5 mg.⁻¹ y las normas CAPRE, 1993 establece un valor máximo admisible de 0.7 mg.l⁻¹, de fluoruro para temperatura entre 25°C y 30°C y un valor máximo admisible de 1.5 mg.⁻¹. Para temperatura entre 8 °C -12°C.

El fluoruro en de la cascada presento una concentración de 1.15 de mg.⁻¹ la temperatura de esta agua oscila entre los 23.0°C, El valor encontrado se encuentra dentro de los valores establecidos por las normas para aguas de consumo.

5.2.3 Análisis de los Indicadores de contaminación. Nitritos, Nitratos y Amonio.

En la siguiente tabla se presenta los parámetros analizados en el laboratorio que sirve de indicadores de contaminantes.

Cuadro 9. Resultados de indicadores de contaminantes en la cascada el comején.

Nitratos mg.⁻¹.	Nitritos mg.⁻¹.	Amonio mg.⁻¹.
4.70	0.003	0.098

Él nitrito en el estado de oxidación intermedio del nitrógeno, ya sea por oxidación del amonio a nitrato, o por reducción de los nitratos, su presencia es indicativo de gran actividad microbiológica. El estudio realizado, la concentración de nitrito es 0.003 mg.⁻¹, según la normas CAPRE, 1993 el valor admisible es de 0.10 O 3.00 mg.l⁻¹ , el nitrato presento 4.70 mg.l⁻¹, acuerdo a la normas CAPRE, 1993 el valor admisible es de 50.00 mg.⁻¹ y para el amonio es de 0.098 mg.⁻¹. El valor máximo admisible según la normas CAPRE, 1993, es de 0,5 mg.⁻¹. Los tres analito están por debajo de lo que establece las normas (CAPRE, 1993).

5.2.4 Parámetros bacteriológicos de la cascada el Chocoyero en la comunidad el Edén

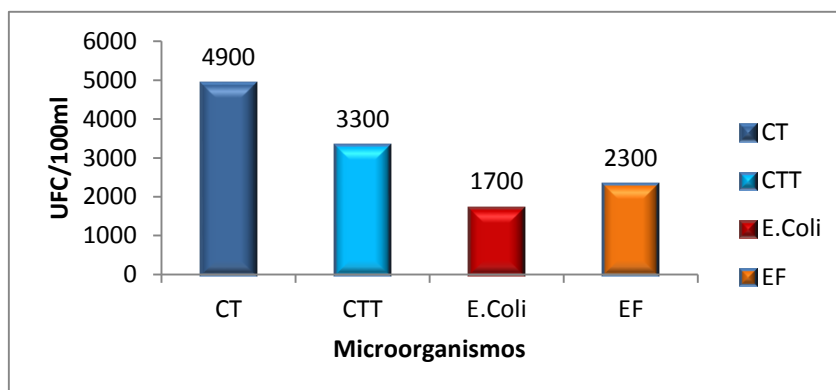


Figura 4. Concentración bacteriológica en la cascada el Chocoyero.

En estos resultados la concentraciones de coliformes total es de 4900, Coliformes Termotolerantes es de 3300, *echerchia coli* es de 1700 y de enterococo es de 2300 la contaminación bacteriológica de este manantial esta relacionados que es una área protegido y como es una fuente superficial la interrelación con la biodiversidad que se encuentran en la zona.

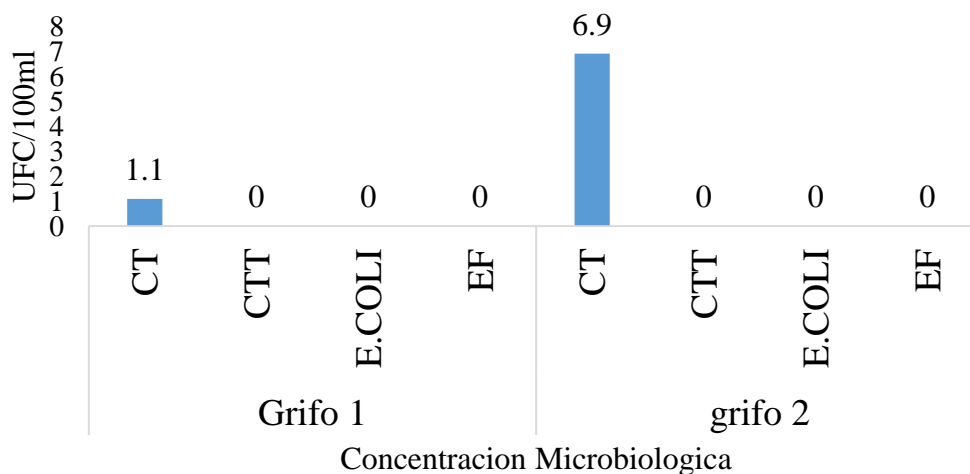


Figura 5. Concentración bacteriológica en los dos grifos de El Edén.

Estos resultados indica que el agua del sistema de distribución en el grifo 1 y el grifo 2, hay presencia de contaminación bacteriológica de microorganismo de Coliformes totales de acuerdo a la OMS, 1995 no debe ser detectadas ninguna contaminación CAPPRE, 1993.

Desde el punto de vista sanitario el agua tiene un alta concentra bacteriológica que debe ser filtradas y tratada con cloro o hipoclorito de sodio o de calcio. Los compuestos de cloro poseen gran poder destructivo sobre los microorganismos presentes en el agua, causantes de enfermedades (OMS, 2016)

5.3.1 Comunidad El Comején

a) Situación educativa

La escuela de la comunidad tiene cinco aulas, dos letrinas, la cantidad de estudiantes es de 149 que están en los niveles primaria, el centro educativo cuenta con servicio de agua potable, espacios físicos para recreación.

En los últimos años el Ministerio de Educación (MIDE) ha desarrollado programas de alfabetización (“Yo sí puedo”), pero los lideres expresan que es necesario promover mas programa de alfabetización debido que en toda la comunidad hay 15 adultos que no saben leer

Muchos de los(as) Estudiantes desertan debido que los familiares se trasladan a otros lugares, por esta inestabilidad y desinterés de los padres no continúan con sus actividades académicas.

b) Situación de salud

La comunidad tiene centro de salud, hay cuatro casas bases que brindan consulta externa y enfermedades preventivas, no hay una casa base que proporcione cloro para dar tratamiento al agua. Las enfermedades más comunes que padece la comunidad están infecciones o enfermedad crónicas.

c) Agua y saneamiento

Las fuentes de abastecimiento de agua de la comunidad es el pozo perforado, el agua es almacenada en un tanque aéreo. La comunidad cuenta con este pozo hace aproximadamente 14 años.

d) Calidad de la vivienda

La comunidad tiene 340 viviendas, los materiales usados en la vivienda son: Zinc, Madera, concreto y hierro, solo 100 de esas viviendas cumplen con una condición, las condiciones de las letrinas de las comunidades con falta de mejoras y la calle en mala estado

e) Medio ambiente y tenencia de la tierra relativa a la producción

La biodiversidad que es considerable pero la deforestación y el avance de la frontera agrícola son los factores que está causando la erosión de los suelos por la pérdida de la cobertura vegetal. Los arboles maderables que se encuentra son el Guanacaste laurel y otros, lo frutal que hay es el tamarindo jocotas y el nance

Los cambios en la fertilidad de los suelos en los últimos años son por de la degradación de mismo, la tala y uso de agroquímicos y sus derivados. Sin embargo, hay 15 productores que realizan actividad de conservación de los suelos desarrollados con curvas a nivel como ser barreras vivas, 20 familias salen a otra zona para sembrar. La comunidad se beneficia con el auto sostenimiento alimentario con la crianza de gallinas y cerdos. Un 80% de las familias tiene 20 manzanas de terreno, 10 tiene una, 5% tiene 2 a 5 y 0.20 a 1.5 tiene otro 5%

Cuadro 10. Organizaciones y acciones especializadas.

Instituciones	Acciones específicas
Un puente entre los países	Asistencia técnica
MINED	Sector educativo

5.2.6 Problemas de agua y saneamiento en la comunidad el Comején

Entre los problemas expresados por los líderes y la comunidad con relación a programas de agua y saneamiento figuran la falta de: limpieza, protección y tratamiento a las actuales fuentes de agua, deforestación, la falta de mantenimiento de las letrinas y la perforación de varios pozos en la zona.

5.3. Resultados físico químico del pozo perforado en la comunidad el comején, Masaya

a). Análisis físicos y organolépticos

Cuadro 11. Valores de los macro constituyentes de la comunidad el comején.

pH, en unidades de pH.	CE, en $\mu\text{S.cm}^{-1}$	Sólidos Totales Disueltos en mg.l^{-1}	Turbidez, en UTN	Color, en mg.l^{-1} de pt-Co
8.21	416.00	265.84	0.30	<5.0
<small><rd-El valor está por debajo del rango de detección del método que es 5 mg.l^{-1} de platino de cobalto $\mu\text{S.cm}^{-1}$ -Microsiemes por segundo UTN-Unidades Nefelometricas de Turbidez</small>				

El valor de pH que se observa en el pozo perforado es de 8,21 unidades de pH, Indica que las condiciones del pozo son ligeramente alcalinas, esta variable debe considerarse a la hora de aplicar cualquier procedimiento de desinfección. Este valor de pH reportado se encuentra dentro del rango recomendado, para aguas de consumo humano según las nomas CAPRE, (1993) es de 6,5 a 8,5 y las normas de la OMS de 6,5 a 9,0.

La conductividad eléctrica medida en el pozo perforado fue de $416,00 \mu\text{S.cm}^{-1}$. y se encuentra un poco arriba del valor recomendado de $400 \mu\text{S.cm}^{-1}$ Por las normas CAPRE.1993.

Los sólidos totales disueltos (STD) reportaron en el pozo perforado es de 265,84 mg.l⁻¹, en cuanto a los aspectos de salud la OPS (1987), sostiene que las sales minerales comunes disueltas afectan el sabor del agua, considerado de excelente sabor aquellas que presentan una concentración de STD inferior a 300 mg.l⁻¹, los resultados mostraron que el agua de este pozo tiene un bajo grado de mineralización.

La turbidez de pozo perforado fue de 0.30 UNT, este valor se considera adecuado para una desinfección eficaz de los micro organismos patógenos y las bacterias de contaminación fecal. Según la OPS (1987) señala, para que una desinfección sea efectiva, la turbidez siempre debe ser baja, de preferencia menos de 1 unidad nefelométrica de turbidez (UNT) para que el agua sea consumido debe tener una turbidez máximo de 5 UNT; y cuando los valores de turbidez son mayores a los citados, los microorganismos se aglomeran y se adhieren a las partículas, permitiendo protección a estos y no es efectiva la desinfección.

Con respecto al color verdadero de la muestra, este fue bajo <5.0 mg.l⁻¹ de Pt-Co, y se encuentra por debajo de lo requerido por las normas CAPRE (1993), para aguas de consumo humano que es de 15 mg.l⁻¹ de Pt-Co. Este valor reportado muestra que el pozo perforado no tiene sustancias húmicas disueltas y no hay evidencia de sustancias como el hierro y el manganeso disueltos, indicando que son aguas de muy buena calidad.

5.3.1 Macro Constituyente de pozo perforado de la comunidad El Comején, Masaya.

La distribución de los cuatro cationes y de los aniones principales por su abundancia de mayor a menor sigue el siguiente orden: $Ca^{++} > Mg^{++} > Na^{++} K^{++}$ y para aniones $HCO_3 > SO_4^- Cl^-$.

La composición de los macro constituyentes refleja los bajos valores de mineralización. Las sales disueltas se encuentran en concentración que se sitúan dentro de los rangos para agua dulce (Custodio y Llamas, 1996), y los valores de cada uno de ellos están dentro de los valores máximos admisibles para aguas de consumo humano según la norma (CAPRE,1993).

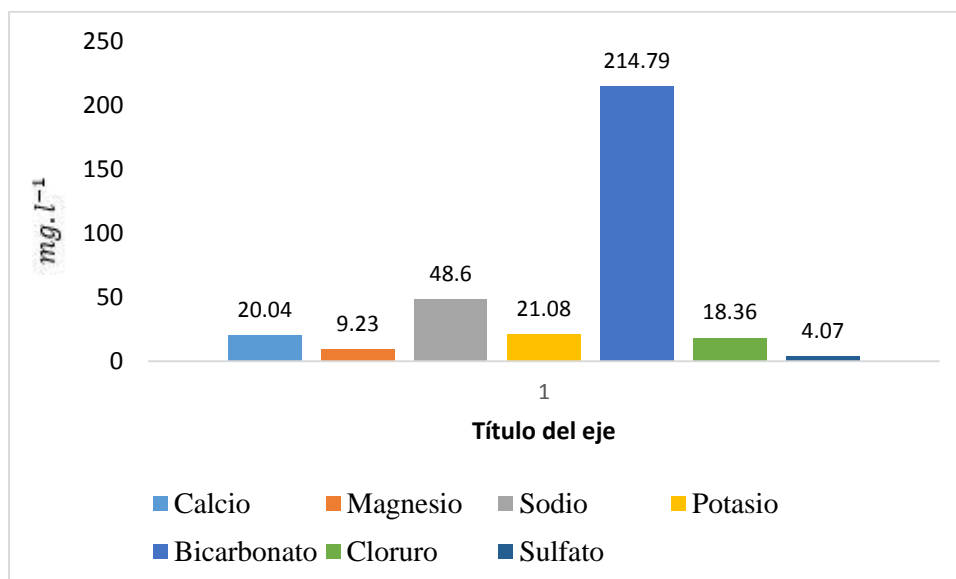


Figura 6. Composición del pozo perforado El Comején, Masaya

Las mayores concentraciones que se destacaron en el análisis realizado al pozo perforado fueron los bicarbonatos, Sodio, potasio y calcio (HCO_3^- -Na- K-Ca). Los factores que influyen en estos tipos hidroquímicos de las aguas son las precipitaciones y el substrato con el cual el agua tiene contacto.

Cuadro 12. Concentraciones de elementos y compuestos químicos

Alcalinidad Total mg. l ⁻¹	Dureza Total mg. l ⁻¹	Hierro Total mg. l ⁻¹	Sílice Disuelta mg. l ⁻¹	Fluoruro mg. l ⁻¹	Alcalinidad a la fenolftaleína mg. l ⁻¹
176.2	88,00	< 0.02	54.07	0.26	<1,67
<Id-valor por debajo del límite de detección del método, que es de 0.002 mg. l ⁻¹					

a) Dureza

La dureza del agua no es un analito independiente, ya que está relacionado con la mezcla compleja y variable de cationes y aniones, entre ellos el hierro y otros iones polivalentes. En este estudio la dureza encontrada en el pozo perforado es de 88,00 mg.l⁻¹ CaCO₃ clasificándose como aguas duras (rango 121-180 mg.l⁻¹). Según la OMS, 1995 este rango

está en los valores recomendados que es de 50 mg.l^{-1} o de dureza total expresada como carbono de calcio. Desde el punto de vista sanitario las aguas blandas y duras son satisfactorias para consumo humano

Cuadro 13. Clasificación del rango de concentración de la dureza en las Aguas.

Rango de Dureza ($\text{mg.l}^{-1} \text{ Ca CO}_3$)	Descripción
0-60	Blanda
61 -120	Moderadamente dura
121-180	Dura
Más de 180	Muy dura

Fuente: OMS 1995

a) Alcalinidad

La alcalinidad que se reporta del pozo perforado del comején es de 176.2 mg.l^{-1} expresada como Ca CO_3 este pozo perforado presenta característica de alcalinidad alta al comparar los resultados obtenidos con los rangos. La alcalinidad se genera a medida que el agua hace contacto con el suelo y disuelve las rocas que contienen carbonato de calcio, como calcita o piedra caliza.

Cuadro 14. Rangos de alcalinidad en agua dulce.

Rango	Alcalinidad $\text{mg.l}^{-1} \text{ Ca CO}_3$
Baja	<75
Media	75-150
Alta	> 150

Fuente OMS, 2016

b) Hierro

Según la (OPS, 1987). La presencia de hierro en las aguas naturales puede ser consecuencia de la disolución de rocas y minerales, en la aguas se presenta principalmente en los estados bivalente y trivalente (ferroso y férrico).

En la presente investigación la concentración de hierro total fue de $< 0.02 \text{ mg.l}^{-1}$ y de acuerdo a lo que establece las normas CAPRE, 1993 y la OMS 1995 el valor máximo admisible de hierro para aguas de consumo humano es de 0.3 mg.l^{-1} . Es decir que el agua de este punto de estudio es apta para ser bebida.

c) Sílice

La concentración de sílice en el pozo es de 54.07 mg.l^{-1} . Sin embargo actualmente no existe un valor recomendado de sílice para agua de consumo humano.

La mayor parte de la sílice disuelto en aguas proviene de la descomposición química de los silicatos en los procesos de metamorfismo o meteorización. En la mayoría de las aguas naturales las concentraciones de sílice varían entre $1-30 \text{ mg.l}^{-1}$. Suele ser menor de 100 mg.l^{-1} . (Romero, 1999).

d) Fluoruros

El fluoruro en el pozo muestreado en este estudio presento una concentración de 0.26 mg.l^{-1} la temperatura de esta agua oscila entre los 29.6°C , el valor encontrado se encuentra dentro de los valores establecidos por las normas para aguas de consumo.

La OMS, 1995 establece un valor de 1.5 mg.l^{-1} las normas CAPRE, 1993, establece un valor máximo admisible de 0.7 mg.l^{-1} de fluoruro para temperatura entre 25°C y 30°C y un valor máximo admisible de 1.5 mg.l^{-1} . Para temperatura entre 8°C - 12°C .

5.3.2 Análisis de los indicadores de contaminación. Nitritos, Nitratos y Amonio.

En la siguiente tabla se presenta los parámetros analizados en el laboratorio que sirve de indicadores de contaminantes.

Cuadro 15. Resultados de indicadores de contaminantes.

Nitratos , mg.⁻¹.	Nitritos, mg.⁻¹.	Amonio, mg.⁻¹.
13.31	< 0.003	0.024

El nitrito en el estado de oxidación intermedio del nitrógeno, ya sea por oxidación del amonio a nitrato, o por reducción de los nitratos, su presencia es indicativo de gran actividad microbiológica. El estudio realizado, la concentración de nitrito es < 0.003 mg.⁻¹, según la normas CAPRE (1993) el valor admisible es de 0.10 o 3.00 mg.l⁻¹, el nitrato presento 13.31 mg.⁻¹, según la normas CAPRE (1993), el valor admisible es de 50.00 mg.⁻¹ y para el amonio es de 0.024 mg.⁻¹ el valor máximo admisible según la normas CAPRE, 1993 es de 0,5 mg.⁻¹. Los tres analito están por debajo de lo que establece las normas CAPRE (1993), es decir el agua del pozo está apto para consumo humano.

5.3.3 Parámetros bacteriológicos del pozo perforado y grifos de la comunidad El Comején

Los resultados reflejan que la contaminación bacteriológica de Coliformes totales en el pozo perforado es de 4.5 NMP/100ml; y no se detectaron Coliformes totales, *echerichia coli* y Entococos Fecales. Los resultados de los CT sobre pasan los límites establecidos por las normas de calidad de agua de consumo humano que según la OMS, 1995. No debe ser detectadas ninguna contaminación bacteriológica; en la norma CAPPRE, 1993. Para que el agua pueda ser consumida el valor máximo admisibles debe ser negativo.

El resultado encontrado en este presenta una contaminación de Coliformes totales en el grifo del Sra. Bernarda Sánchez es de 110 NMP/100ml, los resultados de los CT sobre pasan los límites establecidos por las normas de calidad de agua de consumo humano que según la OMS (1995) no debe ser detectadas ninguna contaminación bacteriológica; en la norma CAPPRE, 1993. Para que el agua pueda ser consumida el valor máximo admisibles debe ser negativo. Y no se detectaron Coliformes totales, *echerichia coli* y Entococos Fecales.

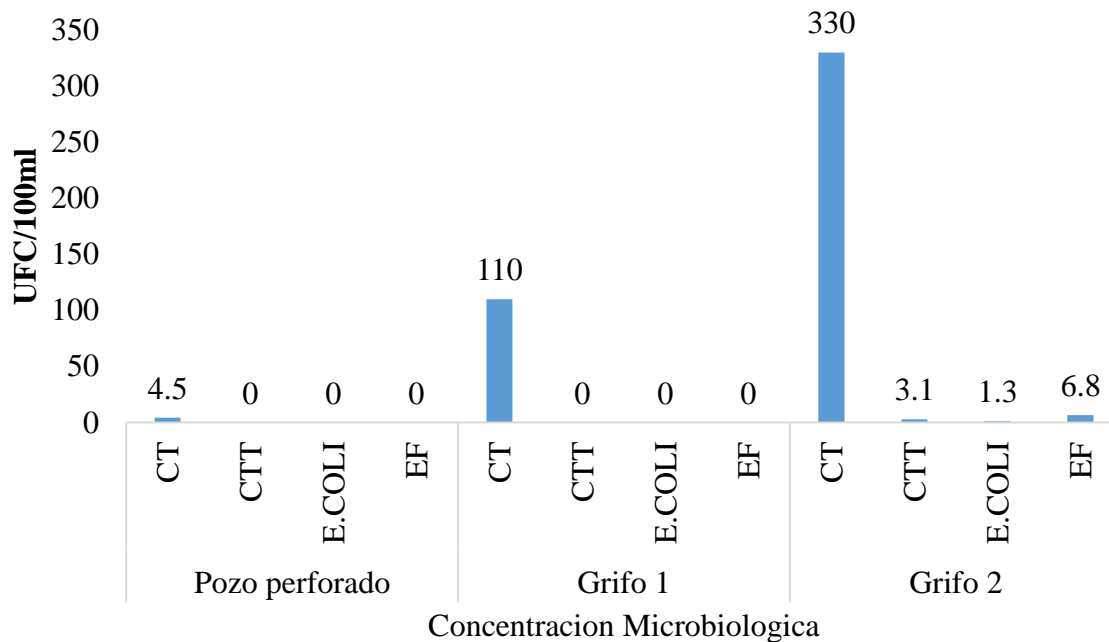


Figura 7. Concentración de contaminantes bacteriológicos en la comunidad El Comején.

Los resultados encontrados en el grifo 1 presenta una contaminación de Coliformes totales de 110 UFC/100ml, Coliformes termotolerantes de 3.1 NMP/100ml, Echerichia coli de 1.3 UFC/100ml y de Enterococos es de 6.8 las contaminaciones bacteriológicas de este punto sobrepasan los límites establecidos por las normas de calidad para agua de consumo humano según la OMS, 1995. Y en la norma CAPPRE, 1993. El valor máximo admisible debe ser negativo.

Desde el punto de vista bacteriológico el agua de estos tres puntos no puede ser utilizado para consumo humano; sin embargo, se recomienda que se establezca una metodología adecuada para su cloración y se desarrollen monitoreo de cloro residual y otros análisis bacteriológicos.

5.4 Parámetro metal pesado en la comunidad del Edén Ticuantepe y en el comején, Masaya.

a). Arsénico

En el presente estudio la concentración de arsénico que se encontró en el pozo perforado de la comunidad de comején es $< 0.99 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ y en la cascada del chocoyero de la comunidad del edén, Ticuantepe Managua es de $6.35 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Los resultados de las dos comunidades se encuentran por bajo de los valores admisible que establece la guía de concentración de arsénico que es de $(10,06 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1})$. Para las aguas $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ de ingestas humana (OMS, 2003) En Nicaragua sea realizado estudios de identificación de arsénico en las aguas que abastecen a las poblaciones humanas de los departamentos de León, Chinandega y Estelí y se han detectado concentraciones altas los suelos son de origen volcánica (Unicef, 2004).

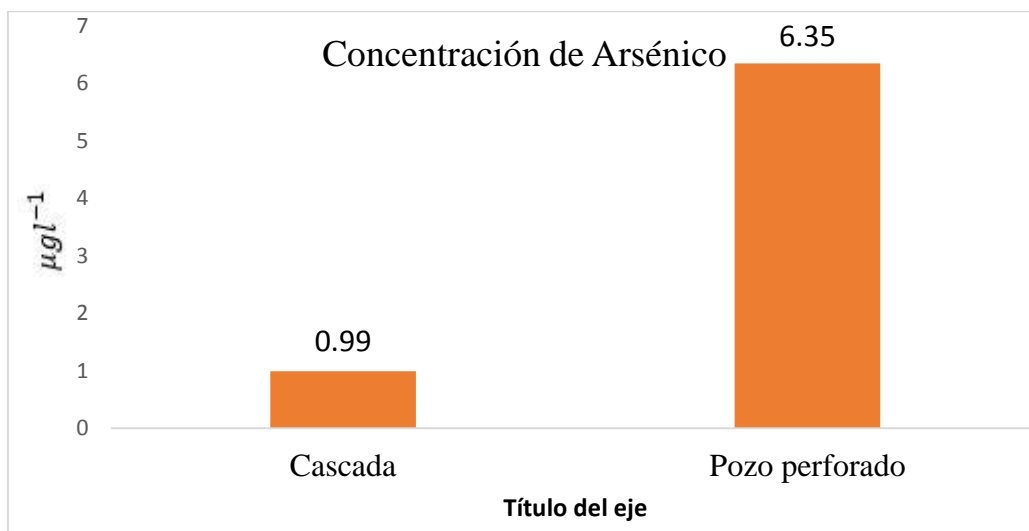


Figura 8. Concentraciones totales de arsénico de fuentes de agua

5.5. Plaguicidas del pozo perforado de la comunidad El comején, Masaya, El Chocoyero de la comunidad del Edén Ticuantepe.

5.5.1 Organofosforados

En los análisis de los resulta presentados por el laboratorio de contaminantes orgánicos del CIRA/UNAN, el pozo perforado de la comunidad del comején Masaya y de la Cascada El Chocoyero de la comunidad del Edén Ticuantepe, están por debajo de los límites de detección del método, por esta razón no se detectó ninguna concentraciones de contaminantes organofosforados, dados estos resultados favorables según la US EPA,OMS,CAPRE,1993 y las normativas de otros países como ser Holanda y Canadá el agua del pozo perforado y de la Cascada El Chocoyero está libre de estas sustancias y desde el punto de vista sanitario comparado con los resultados de contaminantes orgánicos el agua puede ser utilizado para su consumo.

5.5.2 Organofosforados

En los análisis de los resulta presentados por el laboratorio de contaminantes orgánicos del CIRA/UNAN, el pozo perforado de la comunidad El Comején, Masaya y en la cascada del Chocoyero de la comunidad del Edén, Ticuantepe, están por debajo de los límites de detección del método, por esta razón no se detectó ninguna concentraciones de contaminantes organoclorados, dados estos resultados favorables según la US EPA,OMS,CAPRE y las normativas de otros países como ser Holanda y Canadá el agua del pozo y del manantial, está libre de estas sustancias y desde el punto de vista sanitario comparado con los resultados de contaminantes orgánicos el agua puede ser utilizado para consumo humano.

5.5.7 Monitoreo de campo semana de pH, Turbidez, conductividad, cloro residual y Temperatura.

a). Comunidad el Edén Ticuantepe

Cuadro 16. Parámetros de monitoreo de campo en la comunidad El Edén, Ticuantepe.

	Semana y punto de muestreo	pH (Unidad de pH)	Temperatura °C	Cloro Residual mg. l ⁻¹	Conductividad μs.cm ⁻¹	Turbidez UTN
	P.C.	Pila de captación				
Promedio		8	24.02	0.18	401.8	1.64
	Grifo A	Sonia Cerna				
Promedio		7.98	25.64	0.25	404.2	33
	Grifo B	José Thomas				
Promedio		7.978	26.2	0.27	406.2	8.48

La media de los resultados del monitoreo en campo, realizado en los tres puntos muestro entre los meses de febrero y marzo de la comunidad el edén, durante cinco semanas el pH y T^o se encuentra en la valore admisibles. La conductividad, supera lo admisible entre 1 al 6 UNT, el cloro residual está por debajo de lo recomendado, la turbidez es alta debido a fisuras en le red de distribución y por un mal control al momento de lavados de las pilas.

b). Comunidad el Comején, Masaya.

Cuadro 17. Parámetros de monitoreo de campo en la comunidad El Comején, Masaya

Fecha	Monitoreo semanal	pH (Unidad de pH)	T °C	Cloro Residual mg. l ⁻¹	Conductividad μs.cm ⁻¹	Turbidez UTN
	PP	Pozo Perforados				
	Promedio	7.805	28.72	0	425	0.38
	Grifo A	Sebastián Vega				
	Promedio	7.9375	31.1	0	409	0.5
	Grifo B	Bernarda Chanchez				
	Promedio	7.768	29.16	0	426	0.47

La media de los resultados realizados entre los meses de febrero y marzo los anilito pH, T^o y turbidez, están por bajo de los valores recomendados por la OMS, 1995. La conductividad supera entre 9 a 25 UNT de los valores recomendables, vale recalcar que el agua no es clorada.

6.0. Presentación de Resultados y recomendaciones

Se realizó una convocatoria a todos los miembros de CAPS de las comunidades El Edén en Ticuantepe y Comején en Masaya. Donde se realizó la exposición de los grandes hallazgos encontrados durante la recopilación de información y de los análisis físicos químicos, microbiológicos, metales pesados y Plaguicidas.

Cuadro 18. Recomendaciones preliminares presentadas.

Recomendaciones	Tiempo
Limpieza de la pilas o tanques aéreos, revisión de los sistemas de almacenamiento y distribución	15 días
Revisión de las pastillas de cloración	Tres días
Instalación de un mecanismo de captura de sedimentos.	Un mes
Reparación de las pilas y tanques.	Un mes
Campañas de cloración de agua	15 días

Los miembros de los comités de agua y saneamiento de las dos comunidades deben considerar las recomendaciones, debido que los resultados de los análisis de calidad de agua, la alta concentraciones de contaminantes bacteriológicos están relacionados con esas acciones.

VI CONCLUSIONES

Las dos comunidades hacen un mal uso de la basura debido que la misma se quema y la botan al patio y las malas condiciones de las letrinas pueden ocasionar problemas de salud.

Los análisis de calidad del agua para consumo mediante los parámetros fisicoquímicos, plaguicida, metales pesados, están por el orden, así como está establecido en las normas CAPRE, U.S, EPA y otras.

Los parámetros microbiológicos de la comunidad El Edén, Ticuantepe, se detectó contaminación bacteriológica, aunque el agua es clorada, pero cabe destacar que tiene un alto nivel de turbidez

Los parámetros microbiológicos de la comunidad El comején, Masaya, también se detectaron contaminación bacteriológica, el agua que se distribuye es de origen subterráneo, pero no es clorada.

VII RECOMENDACIONES

En las comunidades deben de trabajar en programas de uso aprovechamiento y conservación de los recursos naturales

En las dos comunidades se debe realizar campaña para el buen uso y reparación de letrinas ya que están en mal estado eso para evitar enfermedades de origen fecal.

En la comunidad del Edén, Ticuantepe, deben realizar reparaciones en las pilas de captación para evitar presencia de partículas en el agua.

Las comunidades deben tomar en cuenta la aplicación de cloro necesario al agua, lo cual ayudara a reducir los niveles de contaminación.

En la comunidad El Edén, Ticuantepe deben instalar un sedimentador en la pila de captación que está en el sector de San Felipe ya que la turbidez del agua es alta, eso permitirá que la misma este en los valores admisibles.

Que se realice un estudio en época de lluvia con el objetivo de ver el comportamiento de los diferentes parámetros analizados en esta investigación.

Que en las dos comunidades se realicen estudio de disponibilidad de recursos hídricos, con el objetivo de conocer la cantidad de ese recurso.

VIII BIBLIOGRAFIA

Arvizu, M. 2004. Geocronología de acumulación de metales pesados en marisma de las lagunas chiricahueta y Estero de Urias., Sinaloa. Tesis M. Sc. UNAM, México. 162 p.

Blanco, E. 1978. Índice de contaminación fecal de agua de pozos del barrio Guadalupe León-Nicaragua (tesis). Pág. 31-40

Cardona, A. 2003. Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 158 p

Gonzales, R. 2012 Estudio sobre calidad de agua y peligro de contaminación de los pozos de abastecimiento público, río viejo y grande de Matagalpa en el valle de sebaco, Matagalpa. Tesis LIC UNAN Managua. p 369

Gray, N. 1996. Calidad del agua potable problemas y soluciones. Editorial ACRIBIA, S. A. Zaragoza (España). p.189, 215, 216.

Gutiérrez, Y 2009. Uso del suelo, vegetación ribereña y calidad del agua de la microcuenca del río Gaira, Santa Marta, Colombia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 111p.

INIFOM. (Instituto nicaragüense de fomento municipal). Ficha municipal. Consultado el 13 de noviembre del 2015 disponible en <http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/MANAGUA/managua2.pdf>

McJunkin. F . 1986. agua y salud humana. Organización panamericana de la salud (OPS).
Edward Cruz Quevedo. México,D.F. Editorial limusa, S. A. de C. V. 21-22.p

Morales, M. y Somarriba, D. (2003).Calidad del agua en el municipio de quezalguaque. Tesis
Lic. León, Nicaragua, UNAN.72.

Morató, J, *Et al.* Tecnologías sostenibles para la potabilización y el tratamiento de aguas
residuales. Consultado 09 de Septiembre 2015. Disponible en
[http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/426/1/v3n1_p1929TECNOLOGI
AS%20SOSTENIBLES%5B1%5D...pdeldf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/426/1/v3n1_p1929TECNOLOGIAS%20SOSTENIBLES%5B1%5D...pdeldf)

Normas de calidad de agua para consumo Humano de Nicaragua. Consultado 29 de octubre
del 2015 .Disponible en
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/cdcagua/normas/lac/13.NIC/01.norma.pdf>

OMS. Guía para la calidad de agua potable. Consultado el 13 de febrero del 2016.Disponible
en http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf?ua=1

ONGAWA, 2012. Segundo Informe segundo informe sobre el derecho al agua y al
saneamiento en el ámbito rural de Nicaragua. Consultado el 23 de enero del 2015.Disponible
en http://red-des.org/media/adjuntos/Agua_y_saneamiento_Nicaragua_resumido.pdf

ONGAWA.2013. Sistematización de la concertación de actores trabajando por el
saneamiento es Nicaragua.Pag.14.

PNUD, 2012. Consultado el 20 de febrero del 2016.Disponible
en<http://www.pndh.gob.ni/documentos/pndhActualizado/pndh.pdf>

Ramírez, M. (2003). Diagnóstico sobre la calidad del agua de río pochote de la ciudad de León. Tesis M.Sc. León Nicaragua, UNAN. 77 p.

Ramírez, M. (2008). Validación del método colorimétrico de refluo cerrado para la demanda bioquímica de oxígeno en Aguas residuales (DQO). Tesis Lic. León Nicaragua, UNAN. 63p.

RASNIC. (Red de Aguas y Saneamiento de Nicaragua). Consultado 10 de Noviembre del 2015 .Disponible en <https://soniamariaherrera.wordpress.com/dercho-humano-al-agua>

RIMISP. (Centro latinoamericano para el desarrollo rural) 2009. Crisis y pobreza rural en Nicaragua (En línea) Consultado el 14 de Noviembre del 2015. Disponible en <http://rimisp.org/contenido/crisis-y-pobreza-rural-nicaragua>

ANEXOS

Anexo 1. Formato utilizado en los monitoreo semanal



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua



CIRA/UNAN-Managua

Monitoreo de la Calidad de Agua en dos Comunidades, Nicaragua

FORMATO DE CAMPO PARA LA COLECTA DE MUESTRAS

Municipio: _____ Comunidad: _____

Municipio: _____ Comunidad: _____

Fecha de Análisis: _____ Hora de análisis _____

Fecha de Análisis: _____ Hora de análisis _____

Matriz: _____ Muestreo Puntual _____

Matriz: _____ Muestreo Puntual _____

Coordenadas N: _____ E: _____

Coordenadas N: _____ E: _____

PARAMETROS DE CAMPO					
Fuente	pH (Unidad de pH)	Temperatura (°C)	Cloro residual mg. l ⁻¹	Conductividad eléctrica $\mu S cm^{-1}$	Turbidez (UNT)
PE*					
PP**					
Manantial					
Grifo					
Agua almacenada					
Río					
Equipo de Monitoreo					

PARAMETROS DE CAMPO					
Fuente	pH (Unidad de pH)	Temperatura (°C)	Cloro residual mg. l ⁻¹	Conductividad eléctrica $\mu S cm^{-1}$	Turbidez (UNT)
PE*					
PP**					
Manantial					
Grifo					
Agua almacenada					
Río					
Equipo de Monitoreo					

Observaciones: _____

Semana Número: _____

Nombre del Encuestador: _____

Encuesta Número: _____

PE*= Pozo Excavado
PP**=Pozo Perforado

Anexo 2. Formato de diagnóstico de la encuestas.



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
CIRA/UNAN-Managua



MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA Y SANEAMIENTO BASICO EN DOS COMUNIDADES (Modelo FECSA modif: Familias, Escuelas, Comunidad Saludable)

La aplicación de esta encuesta es con el fin de conocer acerca del abastecimiento de agua y saneamiento básico en su comunidad con el propósito de realizar estudios de laboratorios en el CIRA- UNAN, Managua y la Universidad Nacional de Agricultura de Honduras, como requisito previo a la obtención del título de Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente.

Nombre de la comunidad: _____ **Encuesta No** _____

Nombre y apellido del jefe/a de familia: _____

Datos generales del encuestado:

Edad: **Sexo:** F M **Cuántas familias viven en esta casa?**

Escolaridad: Sabe leer y escribir Primaria completa P. incompleta Secundaria completa

Secund. Incompleta Carrera técnica: Universitaria Otro: _____

1. **¿Cuántas personas habitan actualmente en su vivienda?** adultos _____ >14 años _____ niños _____

2. **¿Cuántos niños van a clases:** Ninguno _____ Preescolar _____ Primaria _____ Secundaria _____

3.-**¿Cuántas personas trabajan en su familia:** _____ **Apoyo del ama de casa:** _____

4.- ¿Cuáles son sus principales actividades económicas como jefe de familia?

Ganadería Agricultura Caficultura Otros _____

5 **¿Cuál es su fuente de abastecimiento de agua?:** Red de distribución (tubería)

Río Quebrada PP PExc Lluvia Otros _____

6. **Tratamiento de agua:** Agua no tratada Agua tratada por sistema comunitario

Sedimentada Por filtración Hervir Sodis Cloro Otros: _____

7. Almacenamiento del agua:

No hay recipiente Con tapa que no sella bien y sucio

Con tapa que sella y limpio Usa recipiente con grifo o llave

8. Manipulación del agua:

Los trastos están tapados Usan cucharón o inclina el recipiente para sacar agua

Con tapa que sella bien con grifo y limpio Los trastos no están tapados

7. Los momentos de lavado de mano:

Después de usar la letrina Antes de comer Antes de preparar los alimentos

8. Lugares de lavado de manos:

No hay donde lavar las manos

Hay lugar para hacerlo pero, no hay agua, jabón o ceniza

Existe un lugar cerca de la letrina con agua jabón o ceniza

9. Manejo de aguas grises o servidas (lavadero, baño):

Aguas servidas no corren y crean charcos Aguas servidas corren a la calle

Se utiliza un sistema con trampa de grasa y sumidero

Se tratan las aguas servidas y se reusan para hortalizas otros _____

10. ¿Cuenta Usted con algún tipo de sistema de servicio sanitario?: Ninguno

Letrina Inodoro Sumidero Otro _____

11. Uso adecuado de Letrinas (observar por el encuestador):

Casa con letrina Casa con letrina sin uso

Casa con letrina con uso pero falta de mantenimiento

Casa con letrina con buen uso y limpia

12. ¿Cuenta usted con servicio de recolección de basura? Frecuencia _____

Se observa basura dentro de la casa y áreas alrededor del solar

La basura de la casa se entierra o se quema

La basura de la casa se utiliza para compostera o se deposita en un relleno sanitario comunitario

13.- De qué forma le gustaría participar en actividades por el agua y saneamiento? _____

Gracias por su apoyo

Anexo 3. Abordaje de la primera etapa de la investigación en el Edén



Anexo 4. Monitoreo semanal en la pila de captación de la comunidad el Edén



Anexo 5. Demostración del equipo para el monitoreo semanal



Anexo 6. Toma de muestra del pozo perforado



Anexo 7. Análisis de parámetros en Laboratorio.

