

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN-MANAGUA
FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA ESTELÍ
FAREM-ESTELÍ
RECINTO UNIVERSITARIO “Leonel Rugama Rugama”**



**Trabajo de seminario de graduación para optar al título de Licenciatura
en Ciencias Ambientales**

**Calidad del agua de consumo humano en siete comunidades ubicadas
en el área protegida “Paisaje Terrestre Protegido Mirafior-Moropotente”,
en el municipio de Estelí, 2015**

Integrantes

Br. Erenia Junieth Zamora Sevilla

Br. Fanny Anita Montes Zeledón

Br. Yubelky Lidamar Ruiz Talavera

Tutor

MSc. Edgardo Javier Palacios Ruiz

Enero, 2015

AGRADECIMIENTOS

Agradezco A Dios, quien me dio la oportunidad de vivir y luchar día a día para cumplir con cada una de mis metas, dándome inteligencia, sabiduría, fuerzas para seguir adelante.

Agradezco a mis padres Edwin Zamora y Erenia Sevilla por brindarme su apoyo incondicional, siendo ellos mi pilar principal para concluir mi carrera a pesar de tantas dificultades que se presentaron en el transcurso de mis estudios.

Agradezco a cada una de las personas que apoyaron y por quienes fue posible esta investigación.

“Nunca te rindas tratando de hacer lo que realmente deseas hacer. Donde hay amor e inspiración, nada te puede salir mal”

Ella Fitzgerald

Erenia Junieth Zamora Sevilla

Antes que todo agradezco de todo corazón a papá Dios que desde el momento que nací me ha brindado sus infinitas bendiciones, amor y misericordia.

Agradezco a mis padres Marlene Zeledón y Fanor Montes, esos seres maravillosos que con la ayuda de Dios me han dado la vida, su amor, apoyo incondicional y que pesar de todas mis rebeldías han estado conmigo en toda mi existencia.

Gracias a todos mis maestros y compañeros por su apoyo, comprensión y amistad, en especial a nuestro tutor de tesis el MSc. Edgardo Javier Palacios Ruíz, por su entusiasmo, esmero y dedicación al colaborar con nosotras en esta investigación.

Agradezco a Steven Seston, coordinador de la Fundación Superemos por la idea de iniciar esta investigación y así brindarnos su apoyo en todo el proceso.

Agradezco al MINSA, en especial a la Lic. Eda Pérez por colaborarnos en la realización de los análisis bacteriológicos y brindarnos su apoyo.

Agradezco a mí misma que con el apoyo de papá Dios, el de mis padres y algunas buenas personas que se presentaron en el camino de mi vida, pude salir adelante después de tantas rebeldías, enfrentando mis miedos y obstáculos con fortaleza y coraje, para así poder llegar a esta etapa que para mí es muy importante y no es más que el final de un nuevo comienzo.

“Todo parece imposible hasta que se hace”

Nelson Mandela

Fanny Anita Montes Zeledón

Ante todo mi gratitud infinita va dirigida hacia Dios, ya que cada día me ilumino con su presencia, me brinda protección y enfoco mi mente dándome sabiduría que solo él puede dar, para pensar y escribir las palabras sabias y poder elaborar este documento.

Gracias al padre celestial por permitirme llegar hasta el final de esta investigación y poder cumplir mis metas.

Agradezco infinitamente la ayuda y apoyo que me han brindado mis padres y hermanos, ya que me transmitieron apoyo moral y económico siendo ellos un pilar en mi vida para poder concluir con mis estudios.

Agradezco a FAREM – Estelí. Fundación Superemos y el MINSA por brindarnos su apoyo ya que gracias ellos se pudo llevar a cabo la realización de esta investigación.

Agradezco al MSc. Edgardo Javier Palacios Ruiz ya que fue uno de los pilares importantes para la realización de esta investigación, gracias por su apoyo y orientarnos en este proceso.

“El principio de la sabiduría es el temor a Dios”

Proverbios 7

Yubelki Lidamar Ruiz Talavera

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	II
Lista de abreviaturas y siglas	VIII
Resumen	X
I. Introducción	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Justificación	5
II. Objetivos	7
2.1 Objetivo general	7
2.2 Objetivos específicos	7
III. Marco teórico	8
3.1 Calidad del agua	8
3.2 Parámetros físicos de la calidad del agua	9
3.3 Parámetros químicos	10
3.4 Parámetros bacteriológicos	12
3.5 Plaguicidas	12
3.6 Muestreos de agua	13
3.7 Contaminación de las aguas	14
IV. Marco metodológico	15
4.1 Descripción y ubicación geográfica del área de estudio	15
4.2 Principales actividades productivas	16
4.3 Usos de suelo	16
4.4 Tipo de estudio	17
4.5 Universo	17
4.6 Muestra	17
4.7 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	17
4.8 Variables e indicadores	18
4.9 Procesamiento y análisis de la información	18
4.9.1 Selección de los puntos de muestreo para los análisis del agua	18

4.9.2	Parámetros para determinar la calidad del agua	19
V.	Resultados	22
5.1	Calidad del agua para consumo humano a través de parámetros físicoquímicos y bacteriológicos	22
5.1.1	Análisis de los parámetros físicoquímicos	22
5.1.2	Análisis de los parámetros bacteriológicos.....	24
5.2	Presencia y cuantificación de arsénico de origen natural.....	27
5.3	Presencia y cuantificación de residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados.....	28
5.4	Proponer acciones para el buen uso y manejo del agua	30
VI.	Conclusión	33
VII.	Recomendaciones	35
VIII.	Bibliografía.....	37
IX.	Anexo	39

Índice de cuadros y figuras

Contenido

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos.....	9
Tabla 2. Parámetros bacteriológico.....	12
Tabla 3. Clasificación de los plaguicidas según su composición química.....	13
Figura 1. Mapa de ubicación.....	15
Tabla 4. Variables e indicadores.....	18
Tabla 5. Resultados analíticos de parámetros fisicoquímicos.....	22
Tabla 6. Resultados analíticos de parámetros bacteriológicos.....	25
Tabla 7. Análisis bacteriológico en el período del julio 2015.....	25
Tabla 8. Análisis bacteriológico en el período de octubre 2015.....	26
Tabla 9. Resultados analíticos de metales pesados.....	27

Lista de abreviaturas y siglas

ANA	Autoridad Nacional del Agua
AND	Análisis no detectado
CAPS	Comité de Agua Potable y Saneamiento
CIRA	Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
FAREM	Facultad Regional Multidisciplinaria
INTA	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria
MARENA	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
MINSA	Ministerio de Salud
Normas CAPRE	Normas de Comité
OMS	Organización Mundial de la Salud
SILAIS	Sistema Local de Atención Integral En Salud
UNAN	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
UFC	Unidad de formación de colonias

Abreviaturas de unidades de medidas

Hab/km ²	Habitantes por kilómetros cuadrados
Ltr	Litros
km ²	Kilómetros cuadrados
m ²	Metros cuadrados
msnm	Metro sobre el nivel el mar
ml	Mililitro
mg	miligramo
ml/L	Miligramo por litro

Resumen

El objetivo del presente estudio fue “Evaluar la calidad de las fuentes de agua de consumo humano en siete comunidades del Paisaje Terrestre Protegido Miraflores-Moropotente”, tomando en cuenta la presencia de arsénico, residuos de plaguicidas, coliformes fecales y parámetros fisicoquímicos, posteriormente proponer acciones para el buen uso y manejo del agua.

Esta investigación es de enfoque cuantitativa, el alcance de este estudio es descriptivo y de corte transversal dado que se recolectaron datos en un solo momento y en un tiempo único.

Para la obtención de la información se utilizaron técnicas, tales como: observación *in situ*, entrevista y técnicas de muestreo. Asimismo se visitaron las comunidades: La Pita, El Coyolito, El Cebollal 1 y Cebollal 2, Puertas Azules, La Fortuna y La Perla y los puntos de abastecimientos de agua para su consumo. Se tomó como referencia la metodología que se utiliza en el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA) y las Normas (CAPRE) para determinar el valor admisible, recomendable y la vigilancia de la calidad del agua correspondiente a la concentración de sustancias o densidad bacteriana a partir de la cual provoca rechazo por parte de los consumidores y donde existe un riesgo para la salud.

En las comunidades estudiadas se identificaron ocho fuentes de agua las cuales todas son utilizadas para el consumo humano y otras actividades. En siete de las fuentes de agua utilizadas se identificaron coliformes fecales en cantidades que sobrepasan los límites permisibles por las normas CAPRE, mientras que en una de las comunidades el resultado de coliformes fecales es negativo. En cambio en los parámetros fisicoquímicos analizados *in situ*, están dentro de los rangos admisibles por las normas CAPRE, para el agua de consumo humano.

Los análisis que se realizaron de plaguicidas organoclorados y organofosforados en las ocho fuentes de agua en estudio, solo en una de ellas se encontró resultados positivos de contaminación orgánica por la presencia de plaguicidas tóxicos como Endosulfan 1 (**24,96 ngl⁻¹**), Endosulfan 2 (**19,77ngl⁻¹**) Endosulfan Sulfato (**16,09 ngl⁻¹**) y Etil Paration (**133,76 ngl⁻¹**). En los resultados de laboratorio de metales pesados (Arsénico) demuestran que no existe presencia de contaminación inorgánica, cuyos niveles están en un valor admisible por la OMS.

En síntesis, la calidad de las de las fuentes agua analizadas en las siete comunidades del Paisaje Terrestre protegido, en el aspecto bacteriológico se encuentran con márgenes significativos de alteraciones en sus características naturales para consumo humano, por lo que es necesaria la aplicación de un tratamiento previo de filtración para poder alcanzar los rangos admisibles por las nomas CAPRE. Sin embargo en el aspecto físicoquímico no hay alteraciones significativas que contradigan el valor admisible de las normas CAPRE.

La fuente de agua de la comunidad La Perla, presenta alteración por contaminación orgánica, esto debido a la presencia de plaguicidas organoclorado y organofosforado. En los análisis de metales pesados las fuentes de agua no presentan alteración por contaminantes inorgánico (Arsénico).

Palabras claves: Agua, Arsénico, Calidad, Coliformes Fecales, Parámetro físicoquímico, Plaguicidas, Vigilancia.

I. Introducción

El agua es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. El agua es esencial para la vida, la cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante. La conservación de la calidad del agua dulce es importante para el suministro de agua de consumo, la producción de alimentos y el uso recreativo. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones (Organización Mundial de la Salud, 2015).

En la gestión de los recursos hídricos, la calidad del agua es uno de los aspectos más importantes que se tiene en cuenta para los diferentes usos establecidos en el territorio nacional de Nicaragua. En nuestro país la agricultura convencional ha generado un desequilibrio en los ecosistemas, el incremento de los productos químicos sintéticos (plaguicida) ha provocado contaminación en las fuentes de agua.

Otro problema grave que enfrentamos en el país, es la falta de cultura ambiental ya que los desechos sólidos y líquidos son incorporados a las fuentes de agua siendo estos provenientes de las industrias, fabricas, actividades agrícolas y ganaderas generando un deterioro en la calidad del recurso hídrico haciéndolo inútil para su uso (Araúz, 2009).

Las enfermedades relacionadas con el uso de agua incluyen aquellas causadas por microorganismos y sustancias químicas presentes en el agua. El agua contaminada puede producir efectos negativos en la salud humana y hasta la muerte, según la OMS más de 4 millones de seres humanos mueren al año como consecuencia de enfermedades infecciosas transmitidas. (OMS, 2015).

Durante el primer semestre del año 2015, en el Paisaje Terrestre Protegido Mirafior-Moropotente, un grupo de 4 estudiantes de una Universidad de Boston realizaron un estudio sobre los efectos de los plaguicidas en la salud de los habitantes. En esta investigación se obtuvieron resultados de efectos adversos al ser humano tales como: dolor de cabeza, mareo, nauseas, problemas respiratorios, infección renal y problemas dérmicos en relación con la presencia y manipulación de agroquímicos por la población. Este paisaje se encuentra ubicado en la parte Norcentral de Nicaragua, en el extremo noreste del municipio de Estelí a unos 30 kilómetros de la cabecera departamental del mismo nombre. En esta área se encuentran ubicadas las comunidades El Coyolito, La Pita, Cebollal 1, Cebollal 2, Puertas Azules, La Fortuna y La Perla, las cuales fueron tomadas como referencia para la realización del estudio.

Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la calidad de las fuentes de agua de consumo humano en las siete comunidades antes mencionadas. En este estudio se determinó la calidad de las fuentes de aguas de donde se abastecen las comunidades y se utilizaron indicadores físicos-químicos, bacteriológicos y plaguicidas. También se identificaron las posibles fuentes de contaminación, que de modo directo o indirectamente provocan alteración de su calidad.

1.1 Antecedentes

En Nicaragua, pocas son las fuentes hídricas que han sido estudiadas para la identificación de metales pesados, entre ellos podemos mencionar el Lago Xolotlán (Lacayo, Cruz lacayo, J., Calero S. & Fomsgaard, I 1992), Laguna de Asososca (Cruz A., Fomsgaard & Lacayo J., 1994) y arsénico en algunos pozos de la comunidad El Zapote (AND, MINSA. 1996).

Se realizó un estudio en el departamento de León sobre calidad del agua de consumo en las comunidades rurales del occidente de Nicaragua, el objetivo de este estudio era conocer la calidad del agua de consumo humano del sector rural noreste de León (14 comunidades), para la realización de este estudio se tomó como referencia las normas de calidad del Ministerio de Salud de Nicaragua (Normas CAPRE) y las posibles fuentes de contaminación de las mismas.

Los resultados principales del estudio han sido que el 97.1% de las muestras analizadas no cumplen los parámetros establecidos por el ministerio de salud, para consumo humano. La contaminación predominante es la microbiana (97.1% de las muestras están contaminadas, según el análisis microbiológico), seguida de la contaminación físico-química (31.3%) y por último la contaminación con plaguicidas (18.8%).

Se llevó a cabo otro estudio en el Departamento de Matagalpa sobre la calidad del agua y peligro de contaminación (González (2002)). El objetivo de este estudio era evaluar la calidad del agua de pozos de abastecimiento público Rio Viejo y Grande de Matagalpa en el Valle de Sébaco. En esta investigación se estudiaron los principales aspectos de hidrogeología, hidroquímica, compuestos orgánicos e inorgánicos, peligro de contaminación por plaguicidas, carga contaminante, vulnerabilidad natural del acuífero y el peligro potencial de contaminación. En este trabajo de investigación se estudió la calidad del agua en nueve pozos de consumo humano, dos pozos para riego y en las aguas superficiales de los ríos Viejo y Grande de Matagalpa.

Se realizó un estudio en el, Golfo De Fonseca sobre Contaminación por plaguicidas en las cuencas hidrográficas que desembocan en el Golfo de Fonseca y oportunidades para su prevención y mitigación (Sally G, septiembre, 2002) con el objetivo de analizar dicha contaminación donde aún se encontraron residuos de OC, DDT, DDE los que han existido desde las primeras generaciones de insecticidas en la época del cultivo de algodón el cual se acumula en el tejido de los seres humanos, animales silvestres y que aún se encuentra presente en el agua.

La investigación que se llevó a cabo en el occidente de Managua permitió determinar la presencia y contaminación de residuos de plaguicidas y contaminantes biológicos en el agua de pozos para consumo humano en localidades de antiguas plantaciones bananeras en el occidente de Managua (Salvador Montenegro, 2006). En este estudio Se investigó la calidad físico-química, microbiológica y aspectos toxicológicos por presencia de residuos de plaguicidas organoclorados en el agua de quince pozos excavados a mano que abastecen a campesinos en el Departamento de Chinandega, Nicaragua, durante el primer semestre del año 2006.

Los resultados analíticos muestran presencia de residuos de plaguicidas empleados en el cultivo del algodón, caña de azúcar y banano. El residuo del Dibromocloropropano (DBCP, Nemagón o Fumazone) se encontró en todos los Pozos muestreados, con concentración máxima de 0.0045 µg/L.

Otros Plaguicidas, como el Hexaclorobenceno, Dieldrin, y metabolitos del DDT, también fueron encontrados en la mayoría de los pozos. El Toxafeno fue encontrado solamente en uno de los pozos. El empleo de integradores pasivos de muestras de plaguicidas organoclorados, a base de membranas semipermeables o SPMD colocados en el agua de los pozos, facilitó la captación de estos compuestos para su identificación analítica.

En el municipio de Estelí se realizó otro estudio, sobre caracterización de las fuentes de agua para el consumo humano en la micro cuenca Rio La Pita, sub cuenca Rio Estelí. Esta investigación fue satisfactoria ya que permitió elaborar en conjunto con la población un plan para proteger la fuente principal de la microcuenca .El objetivo general de esta investigación fue, describir la situación actual de las fuentes de agua para el consumo humano de la micro cuenca Rio la Pita, subcuenca del Rio Estelí. Dentro de la microcuenca Rio La Pita en la mayoría fuentes de agua que se ubicaban en las diferentes comunidades estaban contaminadas por coliformes fecales según los parámetros de la (OMS).

En este mismo departamento de Estelí se realizó un estudio de Caracterización de las fuentes de agua para el consumo humano en la microcuenca San Roque de la subcuenca del Rio Estelí. El objetivo general de esta investigación fue describir la situación actual de las fuentes de agua para el consumo humano en la microcuenca San Roque de la subcuenca del Rio Estelí. En las comunidades Paso Ancho, La Tunosa, San Roque, Los Lirios, San Rafael, Las Pintadas y Plan Grande.

La fuente con mayor índice E. Coli, fue la quebrada que se encuentra ubicada en la comunidad Las Pintadas donde el número más probable es de 44 y San Rafael con 22 colonias de Coliformes Fecales por cada 100 mililitros, por lo que se puede decir que esta agua no es apta para el consumo humano según los requisitos establecidos por las normas de calidad (INAA. 2001, OMS 1995, CAPRE 1993).

Otra investigación relacionada a la temática, Caracterización de las fuentes de agua para consumo humano en la microcuenca la Jabonera, Sub Cuenca del Rio Estelí, con el objetivo de caracterizar la situación actual de las fuentes de agua para el consumo humano de la microcuenca “La Jabonera”.

La calidad de las aguas de las fuentes analizadas de dichas comunidades se encuentra en general, con márgenes significativos de alteraciones en sus características para el consumo humano en el aspecto bacteriológico, por lo que es necesario la aplicación de un tratamiento previo para poder alcanzar los rangos establecidos en las normas CAPRE, sin embargo en el aspecto fisicoquímico no hay alteraciones significativas que contradigan las normas CAPRE.

Otra investigación relacionada a la temática se realizó en el municipio de la Trinidad el cual permitió determinar la calidad del agua de tres quebradas de las comunidades Potrerillo, Licoroy, El Despoblado de los municipios San Nicolás, La Trinidad, Estelí en el 2010. Determinar la calidad del agua de tres quebradas de las comunidades Potrerillo, Licoroy, El Despoblado de los municipios San Nicolás, La Trinidad, Estelí.

Como parte de los resultados se logró determinar que la calidad del agua de las tres quebradas muestreadas en las tres comunidades no es óptima, lo que se refleja en la presencia excesiva de coliformes fecales, y de lindano (Plaguicida de alta Toxicidad) en quebrada de agua y en la quebrada san Vicente. Al igual se muestra que las actividades agropecuarias y antrópicas que se desarrollan en las comunidades están degradando la calidad de las aguas.

Se determinó la calidad del agua de la Presa Valle de Bravo como una herramienta de monitoreo y evaluación de los impactos producidos por las actividades humanas en la cuenca. Utilizando métodos estandarizados se determinaron los parámetros fisicoquímicos básicos, además de nutrientes. Para las determinaciones de residuos de plaguicidas organoclorados se siguió el método EPA8270.

El análisis microbiológico se realizó por el método de filtración a través de membrana. Los resultados mostraron que debido a las concentraciones de formas de fósforo y nitrógeno registradas el cuerpo de agua se encuentra en estado eutrófico, favoreciendo la proliferación de comunidades microbianas y de otros organismos. De manera general los plaguicidas organoclorados se encuentran en concentraciones por debajo del límite de detección del método cromatográfico. Se identificaron 27 diferentes especies de bacterias agrupadas en 19 géneros. (Pérez, G 2001).

Esta investigación se llevó a cabo para determinar la disponibilidad del agua superficial y los factores que inciden en la calidad del agua en la subcuenca del Río Ochomogo que pertenece a la cuenca del Río San Juan. Se utilizó la metodología del balance hídrico, para conocer el potencial hidrológico de agua superficial mediante la evaluación de la precipitación, evaporación y escorrentía superficial para un período de 14 años (1990-2004).

Se determinó el tipo hidroquímico de las aguas superficiales y se utilizaron indicadores físicos-químicos, microbiológicos y biológicos para determinar la calidad del agua superficial, las aguas no presentan problemas de calidad de agua a excepción del hierro que se encuentra por encima de los límites establecidos por las Normas Canadienses (CCME). Los coliformes totales y termo tolerantes superan los valores límites establecidos por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA), el punto de vista bacteriológico son El Medina (S3), el sitio Antes de la Presa y la desembocadura al Lago de Nicaragua (S7). (Arbizu, 2007)

1.2 Justificación

Enmarcado en el convenio de colaboración entre FAREM –Estelí y la Fundación Superemos, surgió la iniciativa y motivación de involucrar a estudiantes de la carrera de Ciencias Ambientales y dar inicio a esta investigación con la participación de estudiantes de medicina de una Universidad de Boston, ellos realizaron un estudio preliminar sobre la caracterización y efecto de los agroquímicos y pesticidas en la salud de los habitantes de 7 comunidades del Paisaje Terrestre Protegido Mirafior – Moropotente, por lo tanto decidimos darle

continuidad al estudio el cual ha sido todo un reto por el valor del gran aporte que brindaremos a los habitantes de las comunidades y sobre todo por el aporte a la ciencia en cuanto a la calidad de fuentes hídricas de las comunidades estudiadas, ya que es de gran relevancia de trascendencia social y ambiental.

La contaminación del agua ha venido constituyendo uno de los problemas más críticos en nuestra sociedad y es por ello que ha surgido la necesidad de la toma de conciencia, la búsqueda de alternativas para su solución.

De todas las crisis sociales y naturales que debemos afrontar los seres humanos, la de los recursos hídricos es la que más afecta a nuestra propia supervivencia y a la del planeta. Ninguna región del mundo podrá evitar las repercusiones de esta crisis que afecta a todos los aspectos de vida, desde la salud de los niños hasta la alimentación de los seres humanos. Los abastecimientos de agua disminuyen, mientras que la demanda crece a un ritmo e insostenible.

Por falta de técnicas para el uso y manejo de los suelos, agua y vegetación en períodos anteriores, ha generado serios problemas ambientales y sociales, al igual la alteración fisicoquímica del agua y los brotes de enfermedades de origen hídricas que ponen en riesgo la posibilidad de obtener un desarrollo sostenible en la región.

Como seres humanos y sobretodo como científicos ambientales estamos en la obligación y compromiso de velar por nuestro medio ambiente y sus recursos, como lo es el recurso hídrico tema de gran interés por su importancia y valor ecológico.

Por ello consideramos relevante e importante el estudio de las fuentes que contaminan el agua, ya que una vez estudiado y analizado esta problemática se puede mejorar la situación en que se encuentra este recurso, para así evitar los daños a las fuentes hídricas y la salud de los seres humanos.

Todo esto con el propósito de generar información actualizada sobre los análisis fisicoquímicos, bacteriológicos y de plaguicidas en las aguas subterráneas de siete comunidades del Paisaje Terrestre Protegido Mirafior – Moropotentente para contribuir a suplir el vacío de información existente, que será de utilidad y de beneficio a aquellos actores directos e indirectos, del agua que está consumiendo la población, para luego buscar alternativas, formular proyectos o programas para el mejor uso, manejo y cuidado del recurso hídrico.

II. Objetivos

2.1 Objetivo general

- ❖ Evaluar la calidad de las fuentes de agua de consumo humano en siete comunidades del Paisaje Terrestre Protegido Miraflores-Moropotente.

2.2 Objetivos específicos

- ❖ Determinar la calidad del agua para consumo humano mediante el análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.
- ❖ Determinar la presencia y cuantificación de arsénico de origen natural en las fuentes de agua estudiadas
- ❖ Determinar la presencia y cuantificación de residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en muestras de agua.
- ❖ Proponer acciones para el buen uso y manejo del agua.

III. Marco teórico

3.1 Calidad del agua

La calidad del agua no es una característica absoluta, sino que es más un atributo definido socialmente en función del uso que se le piense dar al líquido, cada uso requiere un determinado estándar de calidad. Por esta razón, para evaluar la calidad del agua es necesario considerar el contexto del uso probable que tendrá.

Las estimaciones de disponibilidad del agua no reflejan por completo el problema de las necesidades de este recurso, ya que en la mayor parte del mundo la calidad del agua está lejos de ser la adecuada. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), 1 100 millones de personas no tienen acceso a una fuente de agua potable mejorada, particularmente en áreas rurales donde no existe posibilidad de que el agua tenga un tratamiento previo que mejore su calidad y posibilite su uso general (López, 2011).

La calidad del agua está afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua, y la cantidad misma en ríos y lagos, ya que de ésta depende su capacidad de purificación (Tamargo J. L., 2005).

Antes de proceder a una descripción de los procesos disponibles para mejorar la calidad de las aguas, es conveniente revisar los parámetros utilizados para definir su calidad. Los parámetros se pueden clasificar en: físicos, químicos, y biológicos.

3.2 Parámetros físicos de la calidad del agua

Tabla N° 1 Parámetros fisicoquímicos

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración de Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5	
Cloro Residual	mg/L	0.5 a 1.0	
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	µS/cm	400	
Dureza	mg/L CaCO ₃	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCO ₃	100	
Cobre	mg/L	1.0	2.0
Magnesio	mg/L CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3.0

Fuente: Normas CAPRE

- ❖ **Color:** No existe una relación directa entre color y grado de contaminación, pues al tratarse de un parámetro fuertemente influido por interferencias con otras sustancias coloreadas, es difícil su evaluación absoluta. Dado que muchas de las sustancias coloreadas se degradan con el tiempo, la determinación del color se debe realizar en las veinticuatro horas posteriores a la toma de muestra, conservándose las mismas refrigeradas (2-5 °C) y en la oscuridad. (Jiménez, 2000, p. 12).
- ❖ **Olor:** Generalmente los olores son producidos por sustancias volátiles (COV's) o gaseosas (H₂S, NH₃, etc.), y suelen ser debidos a materia orgánica en descomposición o productos químicos producidos o empleados en la industria y tratamiento de aguas residuales. El olor se determina por sucesivas diluciones de la muestra original con agua inodora (T^a≈ 40 °C) hasta que es indetectable (umbral de percepción), siendo un ensayo muy subjetivo y de escasa reproducibilidad. (Jiménez, 2000, p. 12).
- ❖ **Sabor:** Suele estar íntimamente asociado al olor (respuesta fisiológica parecida). Algunas sustancias, como es el caso de sales de cobre, zinc o hierro, pueden modificar el sabor, sin alterar el color del efluente. Su determinación se efectúa, al igual que el olor, por dilución hasta determinar

el umbral de percepción y sólo se realizará con muestras que sean sanitariamente aptas para consumo humano (Jiménez, 2000, p. 12).

- ❖ **Turbidez:** La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. (UNITEK, 1993).

- ❖ **Conductividad:** La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, y en su casi totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes. La resistividad es la medida recíproca de la conductividad. El aparato utilizado es el conductímetro cuyo fundamento es la medida eléctrica de la resistencia de paso de la electricidad entre las dos caras opuestas de una prima rectangular comparada con la de una solución de ClK a la misma temperatura y referida a 20 grados centígrados (UNITEK, 1993).

3.3 Parámetros químicos

- ❖ **Temperatura:** La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases (Jiménez, 2000, p. 12).

- ❖ **pH:** La acidez de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, su capacidad para reaccionar con iones hidroxilo, para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas. En aguas naturales la acidez puede ser producida por el CO₂, por la presencia de H⁺ libres, por la presencia de acidez mineral proveniente de ácidos fuertes como sulfúrico, nítrico, clorhídrico, etc., y por la hidrolización de sales de ácido fuerte y base débil (Barrera, C, 2011p.26).

- ❖ **Oxígeno disuelto (OD):** Es un parámetro indicativo de la calidad de un agua. Se determina "in situ" mediante electrodo de membrana) o por yodometría fijando el oxígeno con sulfato de magnesio expresándolo como mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua. El valor máximo de OD es un parámetro muy relacionado con la temperatura del agua y disminuye con

ella. La concentración máxima de OD en el intervalo normal de temperaturas es de aproximadamente 9 mg/L, considerándose que cuando la concentración baja de 4 mg/L, el agua no es apta para desarrollar vida en su seno. (Jiménez, 2000, p. 12).

- ❖ **DBO:** Es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias, en un periodo de 5 días y a 30 °C. La DBO en una muestra de agua indica la cantidad de oxígeno disuelto que se gasta durante la oxidación de los residuos con requerimientos de oxígeno. (Barrera, C, 2011p.26).
- ❖ **DQO:** Es un parámetro de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. (Barrera, C, 2011p.26).
- ❖ **Alcalinidad:** Es una medida de la capacidad para neutralizar ácidos. Contribuyen a la alcalinidad principalmente los iones bicarbonato, CO_3H^- , carbonato, CO_3^{2-} , y oxhidrilo, OH^- , pero también los fosfatos y ácido silícico u otros ácidos de carácter débil. Los bicarbonatos y los carbonatos pueden producir CO_2 en el vapor, que es una fuente de corrosión en las líneas de condensado (UNITEK, 1993).

Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada. Corresponde al residuo seco con filtración previa. El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico o inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales (UNITEK, 1993).

3.4 Parámetros bacteriológicos

Tabla N° 2 Parámetros bacteriológicos

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Neg	Neg	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	
	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras no consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras puntuales No debe ser detectado en el 95 % de las muestras anuales (c)
	Coliforme fecal	Neg	Neg	

Fuente: Normas CAPRE

La bacteria *Escherichia Coli*, y el grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal.

Las bacterias coliformes son microorganismos de forma cilíndrica, capaces de fermentar la glucosa y la lactosa. Otros organismos usados como indicadores de contaminación fecal son los estreptococos fecales y los clostridios. Estos últimos son los organismos anaerobios, formadores de esporas. Las esporas son formas resistentes de las bacterias capaces de sobrevivir largo tiempo, cuya presencia en ausencia de coliformes es indicativa de una pasada contaminación.

Los análisis bacteriológicos de aguas se realizan por el método de los tubos múltiples y se expresan en término del "número más probable" (índice NMP) en 100 ml de aguas. Las aguas con un NMP inferior a 1, son satisfactoriamente potables (UNITEK, 1993).

3.5 Plaguicidas

Se denomina plaguicida a cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destine a controlar una plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas y de animales, así como las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal.

Para determinar el riesgo de un plaguicida, se deben considerar tanto la toxicidad como la probabilidad de exposición. Los efectos a la salud de los plaguicidas dependen del tipo de plaguicida, por ejemplo: los organofosfatos y los carbamatos afectan al sistema nervioso, mientras que otros irritan la piel o los ojos, y algunos

pueden ser cancerígenos, y otros pueden afectar el sistema hormonal y endocrino del cuerpo. (Instituto Nacional Incidencia Cambio Climático, 2012)

Tabla N° 3 Clasificación de los plaguicidas según su composición química

Insecticidas	Herbicidas	Fungicidas
Organoclorados	Dinitrofenoles	Compuestos de cobre, azufre
Organofosforados	Triazinas	Fenoles
Carbamatos	Ácidos Tricloroacéticos	Otros
Piretroides	Otros	
Otros		

Fuente: (Bejarano, 1990)

3.6 Muestreos de agua

El muestreo de agua consiste en extraer una porción representativa de una masa de agua con el propósito de examinar diversas características.

- ❖ **Muestras simples o de sondeo:** Si una fuente o masa de agua de la que hay que coger muestras, se conoce que es bastante constante en su composición ya sea en el tiempo o en el espacio, podemos considerar que una simple muestra de sondeo es representativa, es el caso de algunas aguas superficiales y de algunos suministros. En cambio sí se sabe o sospecha que la fuente de agua varía a lo largo del tiempo, hay que hacer la recogida de muestras con más frecuencia en él. (Ramírez, 2007).
- ❖ **Muestras compuestas:** Son las mezclas de muestras simples recogidas en el mismo punto en distintos momentos. También se suelen denominar muestras “compuestas tiempo” para distinguirlas de las que podríamos considerar “compuesta-espacio”.
- ❖ **Muestras integradas:** Son mezclas de muestras individuales que se recogen en distintos puntos al mismo tiempo. Muestras de este tipo son las que hay que recoger en lagos, embalses, ríos o corrientes en los cuales la

composición puede variar tanto en anchura como en profundidad. Para la recogida de muestras integradas es conveniente el empleo de un equipo especial que hace la toma a distintas profundidades al ritmo y volumen deseado a lo largo de todo el perfil. (Ramírez, 2007, p. 43).

3.7 Contaminación de las aguas

Contaminación del agua es una modificación de esta, generalmente provocada por el ser humano, que la vuelve impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales y la vida natural y cotidiana.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del hombre y de los animales. En los cursos de agua, los microorganismos descomponedores mantienen siempre igual el nivel de concentración de las diferentes sustancias que puedan estar disueltas en el medio. Este proceso se denomina auto depuración del agua. Cuando la cantidad de contaminantes es excesiva, la autodepuración resulta imposible.

IV. Marco metodológico

4.1 Descripción y ubicación geográfica del área de estudio

El Paisaje Terrestre Protegido Mirafior-Moropotente se encuentra ubicado en la Región Central Norte, y ocupa territorios de los municipios de Estelí, Condega, de San Sebastián de Yalí y La Concordia del Departamento de Jinotega. Las coordenadas geográficas que ocupa el área son: 13 3' 22" y 13 7'30" latitud Norte y 86° 29'15" y 86° 29'50" Longitud Oeste a 30 Km. de la ciudad de Estelí.

La extensión del área protegida es de 29,382.16 Ha y su zona de amortiguamiento alcanza una extensión de 17,413.80 Ha, lo que juntas totaliza una superficie de 46,795.86 Ha. En base a su zonificación el área protegida se encuentra organizada en cuatro paisajes siendo estos el Paisaje Bosque Deciduo, Bosque Montano, Mesas de Moropotente, Bosque Mixto y la zona de amortiguamiento (Velásquez, 2010).

En la imagen se muestran las comunidades donde se llevó a cabo la investigación.

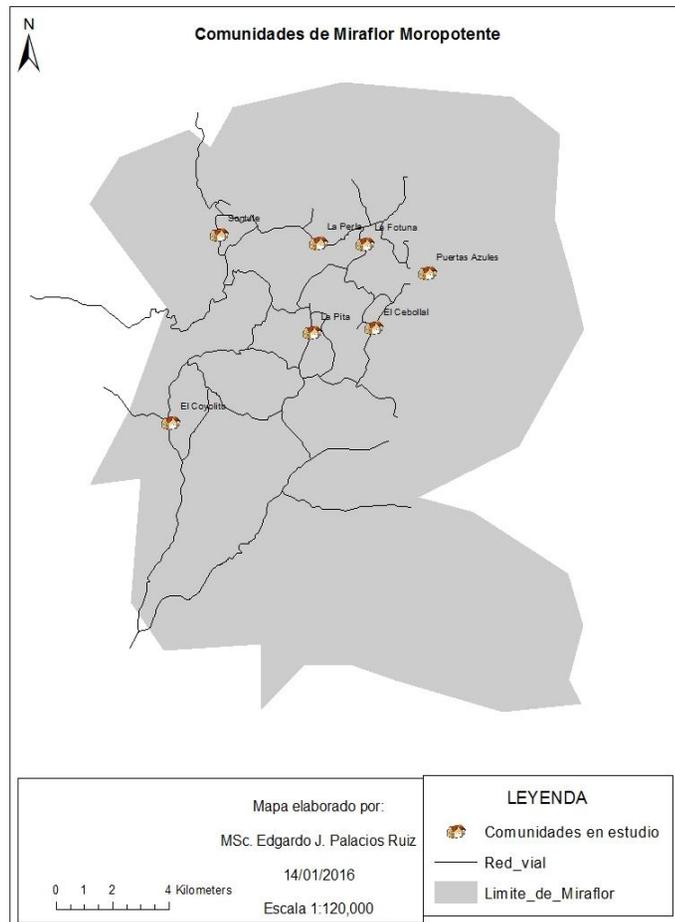


Figura 1: Mapa de ubicación

4.2 Principales actividades productivas

Identificamos diferentes tipos de actividades agrícolas y productivas que realizan los pobladores y entre ellas se destacan granos básicos (Arroz, Frijoles y café) y una gran variedad de hortalizas (Repollo, Papa, Chiltoma, Tomate, Cebolla, Remolacha, Lechuga, Zanahoria, Pepino). Estas actividades productivas y agropecuarias son llevadas a cabo durante todo el ciclo del año siendo estas su principal fuente para generar ingresos económicos.

4.3 Usos de suelo

Fisiográficamente Nicaragua se divide en tres macro-regiones: Pacífica, Central y Atlántica. Todas y cada una de las características de estas regiones ubican los suelos de Nicaragua como los más fértiles y productivos de América Central (Vivas, 2009).

El suelo se puede valorar desde una perspectiva productiva, económica, social, organizativa e histórica. Nicaragua tiene el 82.2% del suelo de uso agropecuario, pero la estructura de uso del área agropecuaria, se encuentra en un uso extensivo. El 39.9% es de pasto natural y el 23.1% de suelo en descanso y tacotales. Este es un ángulo de importancia, debido a la creciente necesidad de alimentos y conservación de los recursos naturales (Vivas, 2009).

En el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente el principal uso y aprovechamiento que los pobladores de las diversas comunidades le dan al suelo es con fines agropecuarios para obtener la producción de granos básicos y hortalizas, también existen áreas forestales donde se pueden apreciar actualmente remanentes de bosques en diversas partes de la zona que han servido como un puente y corredor biológico de algunas especies de animales que todavía se conservan, así mismo han permitido ser un lugar turístico para los visitantes.

De igual manera aprovechan este recurso para el cultivo de pasto, con el cual alimentan el ganado en todas las épocas del año y garantizar la producción de lácteos de los cuales, se beneficia los pobladores de la zona y población en general.

4.4 Tipo de estudio

Según el enfoque, la investigación es de tipo cuantitativa, el alcance de este estudio es descriptivo y de corte transversal dado que se recolectaran datos en un solo momento, en un tiempo único. El propósito del estudio es describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en el momento dado.

4.5 Universo

El universo de este estudio lo conformaron 17 fuentes de agua para consumo humano en siete comunidades del Paisaje Terrestre Protegido Miraflores-Moropotente: Coyolito, La Pita, Cebollal 1, Cebollal 2, Puertas Azules, La fortuna y La Perla.

4.6 Muestra

Ocho fuentes de agua para consumo humano en las comunidades en estudio. La muestra es no probabilística de tipo intencional o por conveniencia.

4.7 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Se utilizaron a fin de recopilar los datos sobre la situación existente, instrumentos tales como entrevista, observación directa y recolección de muestras de agua para determinar su calidad.

- ❖ **Guía de entrevista:** Dirigida a 7 líderes comunitarios y 7 miembros de los comités de agua potable, para obtener información objetiva y precisa del estado actual de las fuentes de agua y las problemáticas social, ambiental, económica y cultural que presentan (ver anexo 1).
- ❖ **Guía de observación directa:** se logró una familiarización con el área de estudio a través de las visitas, donde se realizaron recorridos por las fuentes de agua, esto con el fin de lograr un reconocimiento total de las fuentes de agua, su vegetación, infraestructura y condiciones ambientales en la que se encuentran cada una de ellas (ver anexo 2).
- ❖ **Análisis de laboratorio:** para este proceso se tomaron en cuenta los análisis bacteriológico, parámetro fisicoquímico, de plaguicidas y arsénico en las fuentes de agua de las siete comunidades en estudio, esto para evaluar la calidad del recurso (ver anexo 4).

4.8 Variables e indicadores

Tabla N° 4 Variables e Indicadores

Variables	Sub variables	Indicadores
Fuentes de agua para consumo	• Ojo de agua	Cantidad de ojos de agua
	• Quebrada	Cantidad de quebradas
	• Pozo	Cantidad de pozos
Parámetros físicos	• Saturación de oxígeno	% de saturación
	• pH	6.5 – 8.5
	• Temperatura	18 – 30° C
	• Conductividad	400µ/cm
	• Oxígeno disuelto	
Parámetros bacteriológicos	• Coliforme fecal	Neg
	• Coliforme total	Neg
Plaguicidas	• Órganoclorados • Órganofosforados	
Metales pesado	• Arsénico	

Fuente propia

4.9 Procesamiento y análisis de la información

4.9.1 Selección de los puntos de muestreo para los análisis del agua

Para la identificación de las principales fuentes de agua para consumo humano se llevó a cabo una exploración y observación *in situ*, con el respaldo de la guía de observación al igual, se realizaron conversaciones informales con los pobladores de las comunidades. El siguiente paso que se realizó fue georeferenciar cada uno de los puntos donde estaban ubicadas las fuentes de agua.

Los sitios para la recolección muestras de agua para los análisis físicos, químicos, bacteriológicos y de plaguicidas se seleccionaron tomando en cuenta de donde se abastece la mayor población, además de algunos criterios como: influencia directa de los pobladores sobre el recurso y los usos del agua en el área (consumo humano, riego, actividades domésticas y recreación). Se realizó un solo muestreo de agua (noviembre 2015), según las normas CAPRE en poblaciones con menos de 5,000 habitantes basta con un muestro al año.

4.9.2 Parámetros para determinar la calidad del agua

El análisis fisicoquímico, bacteriológico y de plaguicidas se hizo con el propósito de determinar la calidad del agua de las fuentes principales donde se abastecen los pobladores de las siete comunidades estudiadas. Para realizar este estudio fue necesario realizar un muestreo de agua en 8 fuentes hídricas.

❖ *Análisis fisicoquímicos*



Tomando como referencia las Normas CAPRE, se tomó una muestra de agua en cada fuente identificadas para consumo humano por comunidad, las muestras se colectaron y analizaron *in situ* utilizando un multiparamétrico modelo HANNA HI 9829, equipo que nos permite hacer todos los

análisis de los parámetros en campo y el cual cumple con los requisitos y procedimientos establecidos. Los parámetros analizados se detallan en el cuadro de variables e indicadores.



❖ *Análisis bacteriológicos*



El recipiente que se utilizó en la recolección de las muestras para el análisis bacteriológico fueron bolsas estériles de 100 ml de tipo wirphol con cierre metálico. Se tomó una muestra por cada fuente, en total fueron ocho.

Las muestras fueron acompañadas por una hoja de identificación o remisión (ver anexo 3) las cuales contenían la información descriptiva, completa y precisa e igualmente las bolsas estaban perfectamente etiquetadas con el origen, fecha y hora de la toma y posteriormente las muestras después de ser colectadas se almacenaron en un termo con refrigerante para preservarlas y luego ser transportadas al laboratorio.

Una vez transportada la muestra al laboratorio el método que se utilizó fue filtración a través de membrana, el cual consiste en determinar el número de coliformes totales presentes en el agua, mediante la filtración de volúmenes específicos de la muestra a través de filtros de membrana. Por lo general, están compuestos de ésteres de celulosa, típicamente con poros de 0,45 mm de diámetro que retienen los coliformes totales y otras clases de bacterias presentes en la muestra.

❖ **Presencia y cuantificación de arsénico natural**

Para el análisis de presencia de arsénico en el agua de consumo humano, se colectaron ocho muestras, cada una en botella plástica de 1 litro, estéril y forrada con papel aluminio, se preservaron con 2 ml de ácido nítrico y se transportó al laboratorio en un termo con hielo.



Las muestras de agua fueron analizadas siguiendo los Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Cromatografía Líquida en el CIRA – UNAN, que obedecen a los Métodos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1999, 20th edition.

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04001- 05), el laboratorio de contaminantes metálicos hizo constar que las muestras codificadas **CM- 656, CM- 657, CM- 658 , CM- 659, CM- 660, CM- 661, CM- 662, CM- 663**, fueron captadas, preservadas y transportadas a este laboratorio por el personal técnico del centro. Fueron procesadas de acuerdo a los procedimientos operativos normalizados establecidos por el laboratorio. Se conservaron los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentra en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio.

❖ **Presencia y cuantificación de residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados**

Se colectaron ocho muestras en botellas de vidrio de 400 ml, estériles y forradas con papel aluminio, se preservaron con 50 ml de Hexano y posteriormente se transportaron al laboratorio en un termo con hielo. Las muestras de agua fueron analizadas siguiendo los Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Cromatografía Líquida en el CIRA – UNAN, que obedecen a los Métodos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1999, 20th edition.



En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 001 05). El laboratorio de contaminantes orgánicos hizo constar que las muestras codificadas como **CO- 417, CO- 418, CO- 419, CO- 420, CO- 421, CO- 422, CO- 423, CO- 423, CO- 424, CO- 424, CO- 424**, fueron captadas, preservadas y transportadas a este laboratorio por el personal técnico del centro. Fueron procesadas de acuerdo a los procedimientos operativos normalizados

establecidos por el laboratorio para el aseguramiento de la calidad presentada en el reporte. Se conservaron los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado por la bitácora general del laboratorio.

V. Resultados

5.1 Calidad del agua para consumo humano a través de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

5.1.1 Análisis de los parámetros fisicoquímicos

Dependiendo del uso que se le quiera dar al agua, esta puede tener una calidad aceptable o no aceptable. El concepto de calidad de agua es muy complejo, lo hemos estudiado con diversos parámetros fisicoquímicos, el análisis de estos parámetros nos ayudara a establecer la calidad de lagua.

Los análisis descritos en la tabla siguiente muestran los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos de las diversas comunidades estudiadas:

Tabla N° 5 Resultados analíticos de parámetros fisicoquímicos

N°	Comunidad	Nombre de la fuente	pH	T°	Conductividad	Oxígeno Disuelto	Saturación de Oxígeno
1	Coyolito	Bertilia Rugama	6,77	24,3° C	472 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	5.8 mg.l^{-1}	60%
2	Coyolito	Filemón Rodríguez	6,40	25,1° C	408 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	5.7 mg.l^{-1}	63%
3	La Pita	La Pita	6,46	21,6° C	161,0 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	4.7 mg.l^{-1}	55%
4	El Cebollal	El Cebollal	6,15	19,6° C	66.8 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	6.9 mg.l^{-1}	82%
5	El Cebollal	El Cebollal 2	6,56	22,1° C	158,2 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	5,2 mg.l^{-1}	62%
6	Puertas Azules	Puertas Azules	5,70	19,4° C	78,8 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	7,0 mg.l^{-1}	87%
7	La Fortuna	La Fortuna	5,16	20,1° C	53,4 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	4,3 mg.l^{-1}	56%
8	La Perla	La Perla	5,81	19,7° C	179,2 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	7,3 mg.l^{-1}	86%

- ❖ **pH:** En los puntos muestreados en las siete comunidades, se encontró un valor de pH en un rango de 6 - 7 unidades de pH es decir, que se encuentra en un estado neutro, siendo el valor más bajo de 5.16 en la fuente de agua de abastecimiento de la comunidad La Fortuna. Dichos resultados nos indican que según el valor recomendado por las normas (CAPRE), el agua no es acida y puede ser destinada para el consumo humano y otro interés ecológico.

Sin embargo un pH menor de 3 o mayor de 9 puede considerarse tóxicos provocando un desequilibrio y efectos en la vida acuáticos como trastornos de regulación osmótica, intercambio gaseoso, incremento de metales pesados en disolución.

- ❖ **Temperatura:** Los datos obtenidos en los puntos analizados de las diferentes comunidades en estudio, se registraron temperaturas entre 19 - 25°C que están dentro del valor recomendado según las Normas CAPRE. Debido a que la temperatura de las fuentes estudiadas se encuentra en el valor recomendado no afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en los ecosistemas, ya que es un proceso vital para los organismos vivos. Por tanto, la temperatura es un parámetro que nos revela que existe un contraste o gradiente de energía que provoca la transferencia de calor.

Los cambios de temperatura en el agua pueden afectar los procesos vitales que implican reacciones químicas y la velocidad de éstas. Alterar la composición del agua disminuyendo su densidad y la concentración de oxígeno disuelto. Un aumento de la temperatura provoca que especies no tolerantes a temperatura altas dejen de existir (ejemplo: peces y larvas sensitivas) o emigren a otras regiones, así mismo Produce cambios en la tasa de respiración, crecimiento, alimentación, desarrollo embrionario y reproducción de los organismos del sistema.

- ❖ **Conductividad:** La conductividad del agua es un valor muy utilizado para determinar el contenido de sales disueltas en ella. Según los datos obtenidos mediante los análisis realizados en las fuentes estudiadas, la capacidad de conducir energía eléctrica en seis fuentes cumplen con valor recomendado según las Normas CAPRE, ya que se demostraron datos entre $53,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ - $179,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Sin embargo en dos de las fuentes en estudio no se manifestó el valor recomendado esto debido a que sobrepasa los niveles admisibles por las normas.

La conductividad Puede servir como indicador de problemas serios relacionados con la calidad del agua. Una alta conductividad provoca efectos negativos en la salud humana dando origen a enfermedades crónicas y en el ambiente provoca marchitez, caída de las hojas, deterioro de las raíces de plantas y las sustancias químicas peligrosas afectan a todos los organismos

- ❖ **Oxígeno disuelto:** Es un indicador del nivel de contaminación del agua. Los datos obtenidos de los análisis de agua están dentro de los rangos permitidos en las Normas CAPRE, esto porque cumplen con su valor recomendado el cual es **4,3 mg.l⁻¹ - 7,3 mg.l⁻¹** y de acuerdo a este dato determinamos que el agua de las fuentes es apta para su consumo y para el desarrollo de la vida vegetal y animal. Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto causan cambios en las especies provocando potencial de muerte en peces y otros organismos acuáticos.

- ❖ **Saturación de oxígeno:** Es el porcentaje de oxígeno contenido en una muestra de agua relacionado con la cantidad de oxígeno presente en la misma, en su punto de saturación a la temperatura y presión especificada. Los valores del Porcentaje de Saturación del OD de 80-120% se consideran excelentes y los valores menores al 60% o superiores a 125% se consideran malos. En las comunidades en estudio se encontró un rango de entre el 55% - 87%, de saturación de oxígeno determinando que se encuentran en un estado admisible.

5.1.2 Análisis de los parámetros bacteriológicos

Los análisis bacteriológicos ponen en manifiesto la presencia de bacterias que alteran y modifican la aptitud del agua para un uso determinado. El principal riesgo está asociado a las enfermedades infecciosas relacionadas a la contaminación fecal.

Los resultados de los análisis bacteriológicos son los siguientes:

Tabla N° 6. Resultados analíticos de parámetros bacteriológico en las fuentes de agua estudiadas

Código	Lugar de Muestreo	Hora de Toma	Resultado Obtenido en UFC/ML H2O
1	Coyolito 1	08:15 am	Más de 100 UFC/ 100ML H2O
2	Coyolito 2	08:25 am	Más de 50 UFC/ 100ML H2O
3	La pita	10:10 am	Incontable UFC/ 100ML H2O
4	El Cebollal 2	11:45 am	Más de 100 UFC/ 100ML H2O
5	El Cebollal 1	12:50 pm	Más de 100 UFC/ 100ML H2O
6	Puertas Azules	01:30 pm	Negativo UFC/ 100ML H2O
7	La Fortuna	01:50 pm	Más de 50 UFC/ 100ML H2O
8	La Perla	02:00 pm	Más de 50 UFC/ 100ML H2O

(Fuente propia)

En el análisis bacteriológico de coliforme fecales para UFC/ 100ML de H2O realizado en las siete comunidades en estudio, se comprende que el agua de la fuente de donde se abastece la población de la comunidad de Puertas Azules es apta para consumo ya que se obtuvieron resultados negativos, así mismo cumple con el valor admisible y recomendado por las Normas CAPRE.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis en las fuentes de agua de las otras comunidades en estudio, El Coyolito, La Pita, La Perla y La Fortuna fueron de un índice de valor alto y hasta incontable de coliforme fecales, resultando esta no apta para consumo ya que no cumplen con los valores recomendados por las Normas CAPRE.

Cabe destacar que no se encuentran letrinas cercanas a las fuentes de agua, pero sin embargo las fuentes de las siete comunidades en estudio se encuentran contaminadas por coliformes fecales y analizamos que existen otros factores contaminantes como lo son los animales de sangre caliente (perro, vacas, aves) resultando estos una amenaza contaminante.

Desde el punto de vista de calidad microbiológica la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que el agua para consumo humano debe estar libre de gérmenes patógenos procedentes de contaminación fecal humana y de animales, por lo que recomienda que el agua para consumo deba presentar un valor negativo de coliforme fecales por cada 100ML de agua.

TABLA N° 7 Análisis bacteriológico periodo de junio 2015

Código	Comunidad	Hora de la toma	Resultado obtenidos en UFC/ML H₂O
1	La Pita	03:25 p.m.	Incontable UFC/ 100ML de H ₂ O
2	El coyolito	04: 30 p.m.	Negativo para UFC/ 100ML de H ₂ O

En el análisis realizado en la fuente de consumo durante este periodo, se encontró presencia de coliformes fecales para UFC/ 100ML de H₂O, está fuente se encuentra ubicada en la comunidad La Pita. Y la otra fuente ubicada en el coyolito demuestra un resultado negativo para UFC/ 100ML de H₂O, por lo que se podría decir que esta fuente bacteriológicamente no tiene alteración de sus condiciones naturales. Sin embargo en los análisis realizados en el mes de noviembre 2015 mostraron la presencia de coliformes fecales en ambas fuentes.

TABLA N° 8 Análisis bacteriológico periodo de octubre 2015

Código	Comunidad	Hora	Resultado obtenido en UFC/100ML DE H₂O
1	Cebollal 1	09: 10 a.m.	Incontable UFC/ 100ML de H ₂ O
2	Puertas Azules		Incontable UFC/ 100ML de H ₂ O
3	La Fortuna		Incontable UFC/ 100ML de H ₂ O
4	La Perla		30 UFC/ 100ML de H ₂ O

En los resultados obtenidos durante este análisis demuestran que existe presencia incontable UFC/ 100ML de H₂O de coliformes fecales en tres fuentes muestreadas: Cebollal 1 y La Fortuna. Mientras que en la fuente muestreada en la Perla muestra un nivel bajo de coliforme fecales. En base a estos datos obtenidos podemos afirmar que estas fuentes están bacteriológicamente contaminadas, ya que según las Normas CAPRE la presencia de coliformes fecales debe ser negativa.

Sin embargo en los análisis realizados durante el periodo Noviembre 2015 mostraron que en tres puntos muestreados se determinó presencia de coliformes fecales considerablemente alta lo que indica que estas fuentes de abastecimiento no están aptas para consumo, ya que existe una alteración bacteriológica considerable. Sin embargo en la comunidad Puertas Azules los resultados fueron negativos, es decir no existe presencia de Coliformes Fecales.

En la comunidades, El Coyolito, La Pita, El Cebollal N° 1 Y El Cebollal N° 2, se identificaron cinco pilas de captación. En las comunidades Puertas Azules y La Fortuna se identificaron dos ojos de agua, mientras que en la comunidad La Perla se identificó un pozo artesiano.

Según nuestro criterio existen focos de contaminación cercanos a las fuentes de agua como: actividades agropecuarias, animales domésticos y corrales, en el caso de las actividades agropecuarias se desarrollan durante todo el periodo del año y los pobladores no hacen un buen uso de los desechos de plaguicidas, ya que son depositados cercanos a las fuentes generando de una forma u otra contaminación. El estado físico de la infraestructura de las fuentes de agua es regular en el caso de las pilas de captación, debido a que no se le da el mantenimiento adecuado, es decir que la maleza producida alrededor de estas no es eliminada. Sin embargo los ojos de agua no cuentan con una infraestructura adecuada que les permita protegerla de los animales y otros focos contaminantes al igual hacer un buen uso y manejo para conservar su calidad. Discusión de resultados.

5.2 Presencia y cuantificación de arsénico de origen natural

El arsénico es un elemento extremadamente tóxico para el organismo humano y no solo en concentraciones altas, donde la exposición causa efectos agudos que pueden llegar a ser letales, también la exposición durante un largo período a bajas concentraciones relativas de arsénico (por ejemplo, por ingestión de agua) tiene efectos negativos crónicos para la salud.

El arsénico (As) es un elemento muy común en la atmósfera, en rocas y suelos, en la hidrosfera y la biosfera. Es movilizado al medio ambiente a través de una combinación de procesos que incluyen tanto procesos naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas), así como procesos antropogénicos (actividad minera, uso de combustibles fósiles, desecantes, conservadores de la madera, y uso como aditivos de piensos)

La presencia de arsénico de origen antrópico en las aguas subterráneas también se puede explicar como resultado de la utilización, a veces excesiva y sin control, de productos relacionados con actividades agrícolas, la jardinería y limpieza de malezas, como son los fungicidas, insecticidas y plaguicidas en general. Muchos de ellos tienen arsénico como compuesto tóxico, porque su utilización está indicada para erradicar plagas diversas (Lillo, 2010).

Tabla N° 9. Resultados analíticos de metales pesados

N°	Comunidad	Nombre de la fuente	Parámetro	Resultado	Valor admisible OMS
1	El coyolito	Bertilia Rugama	Arsénico total	<0,99 µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹
2	El Coyolito	Filemón Rodríguez	Arsénico total	<0,99 µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹
3	La Pita	La pita	Arsénico total	<0,99 µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹
4	Cebollal 2	El cebollal 2	Arsénico total	<0,99 µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹
5	Cebollal 1	El cebollal 1	Arsénico total	<0,99 µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹
6	Puertas Azules	Puertas Azules	Arsénico total	<0,99 µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹
7	La Fortuna	La Fortuna	Arsénico total	<0,99 µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹
8	La Perla	La Perla	Arsénico total	<0,99 µg.l ⁻¹	10,00 µg.l ⁻¹

Los análisis realizados en las fuentes de abastecimiento de las comunidades en estudio demuestran que no existe presencia de contaminantes metálicos pesados (Arsénico Total), cuyos resultados están en un valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud. Este análisis nos indica que la población y los seres vivos que se abastecen de estas fuentes no están expuestos a sufrir ningún problema de contaminación asociada a la presencia de este metal pesado (Arsénico) y que puede ser destinada para cualquier hacer uso ya sea doméstico, consumo y otro interés ecológico.

5.3 Presencia y cuantificación de residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados



A través de las investigaciones realizadas por muchos expertos afirman que los productos más problemáticos al ambiente son los insecticidas, en lo que respecta a los organofosforados son de mayor uso, tienen una toxicidad más aguda que los organoclorados, permanecen activos por un periodo

más corto. Mientras que los organoclorados pueden llegar a ser cancerígenos por acumularse en los tejidos grasos y pueden adherirse a partículas de polvo y agua de evaporación de esta forma recorrer grandes distancias por tener características de movilidad (López, 2011).

Cada vez más, el conocimiento de los niveles de plaguicidas presentes en aguas superficiales y subterráneas se ha convertido en un tema de interés social debido a su posible impacto medioambiental. En las últimas décadas, debido tanto a la explosión demográfica como al desarrollo industrial y agrícola se ha incrementado la demanda de agua. Ello ha repercutido en la calidad de las mismas, la cual puede verse modificada tanto por causas naturales como por factores externos y en este último caso se habla de contaminación. Por otro lado, el uso de productos químicos en las actividades agrícolas ha supuesto un beneficio sustancial en la producción agraria, incrementándose el rendimiento de las cosechas a la vez que se ha elevado la calidad de los alimentos, pero no obstante elevando los niveles de contaminación.

Los resultados analíticos de plaguicidas orgnoclorados y organofosforado realizados en las diversas comunidades demuestran que en seis comunidades en estudio las cuales son: La Pita, El Coyolito, Cebollal1, cebollal2, puertas Azules y La Fortuna no existe presencia de contaminación por plaguicidas es decir los análisis realizados a través de los Procedimientos Operativos Normalizados en función de las previsiones contenidas en las Normas Técnicas Nicaragüense no detectaron ningún contaminante orgánico. Estos análisis nos permiten destacar que el agua es apta para consumo u otras actividades que desarrollan los pobladores y que al consumirla no representa ningún peligro para la salud.

Cabe destacar que en el tiempo de realización de los análisis no encontramos cosechas recientes en las áreas cercanas a las fuentes de agua. Por lo tanto es posible que los resultados estén negativos debido a esto, y porque la duración y vida media de los plaguicidas en el agua es de poca duración.

Sin embargo en el análisis realizado en la comunidad la Perla demuestra que existe presencia de plaguicida organoclorados: Endosulfan I, Endosulfan Sulfato, los cuales son conocidos comercialmente como Thiodan, estos son plaguicidas extremadamente tóxico con una historia importante de accidentes, también han sido responsable de muchas muertes accidentales en países en desarrollo. Se usan ampliamente sobre una gran variedad de cultivos como café, cereales, algodón, hortalizas, cítricos, frutas, ornamentales y tabaco. Cuyo objetivo es controlar insectos y plagas como escarabajos, gorgojos, mosca, salta hojas, pulgas, perforadores, ácaros.

El endosulfán puede ser absorbido por ingestión, inhalación y contacto con la piel. Es un estimulante del sistema nervioso central. Altamente tóxico si se ingiere. Irrita la piel. Los efectos agudos en general son los mismos de los demás organoclorados. Los síntomas moderados de intoxicación pueden manifestarse con mareos, náuseas, dolor de estómago, diarrea, vómito, debilidad, nerviosismo, temores e irritabilidad no acostumbrados.

Es extremadamente tóxico a organismos acuáticos, particularmente a peces, aves y otra vida silvestre. La escorrentía es un mecanismo importante de movimiento del endosulfán. La vida media en el agua se calcula de cuatro días, pero las condiciones anaeróbicas y un bajo pH alargan la vida media.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) clasifica al endosulfán como Categoría Ib, Altamente Peligroso. La Unión Europea también lo califica como Altamente Peligroso. La Organización Mundial de la Salud (OMS) clasifica al endosulfán en Categoría II –Moderadamente Peligroso

También, se encontró presencia de plaguicida organofosforado Etil-Paration, este un sólido blanco parecido al azúcar o a la arena con olor a ajo, se usa como un pesticida en soluciones líquidas, es altamente tóxico por inhalación e ingestión y moderadamente tóxico por absorción dérmica. La exposición a dosis elevadas del producto sea por contacto dérmico o inhalación, puede ser fatal para el ser humano. Al inhalarlo puede causar goteo de nariz, tos, molestias al pecho, falta de respiro por la constricción o exceso de fluidos en los tubos bronquiales.

5.4 Proponer acciones para el buen uso y manejo del agua

Las personas entrevistadas destacaron que el 100% de la población utiliza las fuentes de agua para el consumo humano y el desarrollo de actividades domésticas. Sin embargo ellos consideraron que la calidad del agua es mala debido a las actividades agropecuarias, domésticas y a la presencia de letrinas cercanas a las fuentes

Para el mantenimiento de la calidad de las fuentes de agua utilizadas para el consumo humano en las siete comunidades del Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente, es necesario tomar en cuenta las siguientes acciones:

- ❖ **Coordinación interinstitucional de entidades incidentes. directa e indirectamente en el área:** para el mejor funcionamiento de la organización comunitaria es necesario la integración de distintos organismos, tanto gubernamentales como no gubernamentales, entre los cuales podemos mencionar a MARENA, Alcaldía, Foro Miraflores, Familias Unidas, INAFOR, MINSA, SILAIS, ENACAL, INTA. Esto con el objetivo de

que surjan nuevas alternativas para el buen manejo de los recursos hídricos y de esta forma los pobladores tengan el apoyo necesario para el cumplimiento de sus propósitos.

- ❖ **Organización y participación comunitaria (CAPS):** Es importante y necesaria la organización y coordinación de los comité de agua y saneamiento, para la aplicación y el buen uso y aprovechamiento adecuado de los recursos hídricos además de la participación activa de los pobladores en la planificación y realización de actividades que garanticen el bienestar de todos y la protección de los recursos hídricos del área.

- ❖ **Monitoreo de la calidad del agua:** Es necesario dar seguimiento periódico a la calidad del agua a través de los análisis adecuados para determinar su calidad, como un método de prevención, ya que se pueden dar cambios o alteraciones que causen daño a la salud de los pobladores y al deterioro de la vida acuática.

- ❖ **Implementar programas de educación ambiental dentro de las diferentes comunidades:** Es importante y necesario un programa sobre educación ambiental donde se aborden los temas de maneja, uso, aprovechamiento del recurso hídrico.

- ❖ **Promover buenas prácticas agrícolas:** Dentro del Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente, una de las principales actividades económicas que se practican es la agricultura por lo que es necesaria la reducción de los agroquímicos utilizados en esta actividad, promoviendo las practicas amigables con el medio ambiente para y así lograr un equilibrio sostenible y sustentable con los recursos naturales.

- ❖ **Garantizar un aporte económico para el mantenimiento de la infraestructura:** Los gastos de mantenimiento de la infraestructura deben ser asumidos por los pobladores beneficiarios de estos, por lo tanto es necesario el establecimiento de un aporte económico por familia para crear un fondo que les sirva de soporte al momento de presentarse una falla en el sistema de abastecimiento y así se les pueda aplicar el mantenimiento necesario a este.

- ❖ **Mejorar infraestructura de las fuentes de agua:** Es importante y necesaria mejorar la infraestructura de los ojos de agua de donde se

abastecen las comunidades Puertas Azules y La Fortuna, ya que no tienen la infraestructura adecuada que les permita proteger de cualquier foco de contaminación.

- ❖ **Garantizar el manejo y aprovechamiento de las fuentes de agua:** Es importante garantizar la aplicación del mantenimiento de forma periódica la cloración del agua y eliminación de maleza alrededor de las fuentes y así contribuir a un aprovechamiento adecuado del recurso.

- ❖ **Implementar políticas ambientales que contribuyan a una buena gestión de los recursos hídricos:** esto con el fin de hacer valer las leyes que rigen la protección de los recursos naturales para mantener un equilibrio ecológico de manera sostenible y sustentable.

VI. Conclusión

De acuerdo al estudio de calidad del agua de consumo humano que se realizó en siete comunidades ubicadas en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores-Moropotente, en el municipio de Estelí, 2015. Podemos concluir que:

- ❖ Desde el punto de vista fisicoquímico las fuentes de agua en general no presentan alteración de los parámetros fisicoquímicos, siendo estas aptas para el consumo humano según los valores recomendados por las normas CAPRE.
- ❖ Los resultados de los análisis bacteriológicos indicaron la presencia de coliformes fecales en siete de las fuentes de agua estudiadas y según las normas CAPRE, estos datos exceden los límites permisibles sin embargo, el análisis bacteriológico realizado en la comunidad de Puertas Azules se demostró un resultado negativo en cuanto a coliformes fecales.
- ❖ En los resultados analíticos de metales pesados (Arsénico) demuestran que no existe presencia de contaminantes metálicos pesados, cuyos niveles están en un valor recomendado por la OMS, ya que el agua no presenta ninguna alteración y que su calidad es apta para su consumo.
- ❖ Los resultados analíticos de plaguicidas orgnoclorados y organofosforado realizados en las diversas comunidades demuestran que en seis comunidades en estudio las cuales son: La Pita, El Coyolito, Cebollal 1, Cebollal 2, Puertas Azules y La Fortuna no existe presencia de contaminación por plaguicidas, es decir que el agua no presenta alteración por contaminantes químicos siendo estas aptas para su consumo. Sin embargo en el análisis realizado en la comunidad la Perla demuestra que existe presencia de plaguicida organoclorados: Endosulfan I, Endosulfan Sulfato y etil- paration, los cuales son conocidos comercialmente como Thiodan, debido a que existe contaminación el agua no es apta para su consumo.
- ❖ Como principales focos de contaminación de las fuentes de agua se identificaron: actividades agropecuarias, animales domésticos y corrales. Todo ello muestra una amenaza de alteración de la calidad del agua de donde se abastece la población.
- ❖ El estado físico de la infraestructura de las fuentes de agua es regular, ya que no cuenta con las condiciones adecuadas en cuanto a la protección de

cercas, techos y limpieza en el caso de las pilas de captación, sin embargo los ojos de agua no cuentan con una infraestructura adecuada que les permita protegerla de los animales y otros focos contaminantes al igual hacer un buen uso y manejo para conservar su calidad.

- ❖ No se da el mantenimiento adecuado a las fuentes de agua, debido a la falta de organización, comunicación y compromiso de los pobladores y sobre todo de los CAPS, por falta de fortalecimiento que les permita garantizar el conocimiento básico sobre el manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos existentes en el área de estudio, ya que por parte del MINSA, se les ha brindado el suministro de cloro y este no ha sido aprovechado ni aplicado.

VII. Recomendaciones

Después de evaluar la calidad de las fuentes de agua de consumo humano en siete comunidades del Paisaje Terrestre Protegido Miraflores-Moropotente y haber llegado a las conclusiones antes mencionadas recomendamos lo siguiente.

A los pobladores de las diferentes comunidades del Paisaje Terrestre Protegido Miraflores – Moropotente, también a Autoridades e Instituciones que inciden en la zona:

A las instituciones: MINSA, Alcaldía, Foro Miraflores, INTA

- ❖ Monitoreo periódico: realizar monitoreo constantemente con el fin de evaluar la calidad y cantidad de agua para consumo humano del área de estudio y posteriormente tomar decisiones en consenso con los pobladores.
- ❖ Monitorear el uso de los materiales para la aplicación del tratamiento del agua (cloración).
- ❖ Poner en conocimiento de las autoridades competentes la realización de actividades que generen el deterioro de los recursos hídricos.
- ❖ Fortalecimiento de los CAPS: para garantizar el conocimiento básico sobre el manejo y aprovechamiento de los recursos existentes en la zona.
- ❖ Capacitar a los habitantes de las diferentes comunidades en estudio: brindar charlas, talleres y grupos focales acerca de educación ambiental y del desarrollo de las buenas prácticas agrícolas en los procesos de producción.
- ❖ Darle continuidad a este estudio tomando como referencia la metodología utilizada en esta investigación y otras que estimen convenientes para obtener resultados que ayuden a resolver en mejor medida la problemática existente en el área.
- ❖ Mejorar el sistema de captación de agua.
- ❖ Para el buen uso y manejo del recurso hídrico recomendamos a la población en general e instituciones que inciden directa e indirectamente una serie de acciones a realizar en prioridad de la fuente.

A los pobladores:

- ❖ Concientizar a los dueños de las tierras: esto para que apliquen medidas de higiene, saneamiento y reforestación en las fuentes de abastecimiento y sobre todo en el núcleo familiar para evitar la contaminación del agua.
- ❖ Facilitar la organización y funcionamiento de las estructuras comunales existentes.
- ❖ Mejorar la infraestructura de las fuentes de agua mediante cercas, techados y limpieza de las fuentes.
- ❖ Para el buen uso y manejo del recurso hídrico recomendamos a la población en general e instituciones que inciden directa e indirectamente una serie de acciones a realizar en prioridad de la fuente.

VIII. Bibliografía

- Anonimo. (1993). *Normas de Calidad del Agua para Consumo Humano (CAPRE)* (Primera ed.). San Jose, Costa Rica.
- Arauz, J. (2009). *Caracterizacion de las fuentes de agua para consumo humano en la microcuenca San Roque de la Sub Cuenca del Rio Esteli*. Esteli, Nicaragua.
- Arbizu. (2007). *Potencial Hidrologico y Calidad de las Aguas*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2015, de CIRA UNAN: <http://www.cira-unan.edu.ni/media/documentos/YCaballero.pdf>
- Barrera, Y. (2001). *Cenida*. Recuperado el 07 de Agosto de 2015, de <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REN10B272.pdf>
- Birmanía Quant, G. Z. (2010). *Calidad del agua de tres quebradas de las comunidades Potrerillo, Licoroy, El Despoblado de los municipios de San Nicolas, La Trinidad y Esteli* (Primera ed.). Esteli.
- Bejarano, F. (1990). *Red de accion sobre Plaguicidas y alternativas en Mexico* . Recuperado el 13 de Octubre de 2015, de RAPAM: <http://www.rachel.org/files/document/Pesticidas.htm>
- Espinoza. (2005). *Distribucion de la contaminacion natural por Arsenico*. Recuperado el 05 de Octubre de 2015, de CIRA UNAN: <http://www.cira-unan.edu.ni/media/documentos/MaxAltamirano.pdf>
- Gonzales, R. (2004). *RED CENTROAMERICANA PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (RED CARA)* . Recuperado el 07 de Noviembre de 2015, de <http://www.cira-unan.edu.ni/media/documentos/RMGonzalez.pdf>
- Jimenez, A. (2000). *Instituto Tecnologico de Quimica*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2015, de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Karen Velasquez, N. H. (2010). *Caracterizacion de la grama (Paspalum notatum F)*. Esteli, Nicaragua.
- Lauder, R. (1993). *Soluciones de Tratamiento de Aguas*. Recuperado el 24 de Julio de 2015, de <http://www.unitek.com.ar/>

- Lillo. (2003). *Peligros Geoquimicos* (Segunda ed.). Madrid, España.
- Lopez, G. (2011). *Caracterizacion de las fuentes de agua para consumo humano en la microcuenca La Jabonera, Sub Cuenca del Rio Esteli*. Esteli, Nicaragua.
- Montenegro, S. (2009). *Presencia y Concentracion de residuos de plaguicidas en el agua*. Recuperado el 05 de Noviembre de 2015, de <http://www.elparquedelashamacas.org>
- OMS. (s.f.). *Organizacion Mundial de la Salud*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2015, de <http://www.who.int/topics/water/es/>
- Perez, G. (2011). *Calidad del agua en la Cuenca Valle de Bravo*. Amanalco.
- Ramires. (2007). *Muestreos de Aguas y conservacion de muestras*. Recuperado el 03 de Noviembre de 2015, de <http://www.elaguapotable.com/El%20muestreo%20de%20los%20distintos%20tipos%20de%20agua.pdf>
- Silva. (2001). *Diagnostico de la Exposicion y Efectos del Uso de los Plaguicidas* (Primera ed.). Leon, Nicaragua.
- Vivas. (2009). *Analisis de la utilizacion del Recurso Suelo en Nicaragua* (Primera ed.). Nicaragua.

IX. Anexo

Anexo 1.

Guía de observación

Objetivo

- Identificar las fuentes de agua existente en las 7 comunidades del Paisaje Terrestre Protegido Mirafior – Moropotenté

Datos generales

Comunidad _____

Ubicación de la fuente

Coordenadas: X _____ Y _____

1. Tipo de fuente

Quebrada _____

Pozo natural _____

Pozo artesiano _____

Pila de captación _____

Ojo de agua _____

2. Factor de contaminación dentro y alrededor de la fuente

Existe contaminación

Sí _____ No _____

Si existen focos de contaminación marque con una X las encontradas

Actividades agropecuarias _____

Heces fecales _____

Casas alrededor de la fuente _____

Proximidad de las letrinas _____

Basura _____

Proximidad de corrales _____

Depósitos de aguas mieles en las fuentes de agua _____

3. Estado físico de la infraestructura de captación

Bueno _____

Regular _____

Malo _____

Anexo 2: Entrevista

Esta entrevista está dirigida a informantes claves de las comunidades del Paisaje Terrestre Protegido Miraflores – Moroptente, donde se realizara el estudio de calidad de agua, con el fin de obtener información del estado actual y el uso que le dan los habitantes a las fuentes de agua.

I. Datos generales

❖ Nombre: _____

❖ Cargo que desempeña en la comunidad: _____

❖ Comunidad: _____

II. Cuestionario

a. ¿Qué uso le dan a la fuente de agua?

b. ¿Cómo considera usted la calidad de la fuente de agua?

c. ¿Cuál es el mantenimiento que le dan a la fuente de agua?

d. ¿De dónde obtienen los recursos para darle el mantenimiento a la fuente de agua?

e. ¿Qué acciones están ejecutando en función de la conservación y protección de la fuente de agua?

f. ¿Cómo considera usted que es el funcionamiento del CAPS en la comunidad?

				Cetona	
			0,19 ng.l ⁻¹	Endosulfan I	AND
			0,26 ng.l ⁻¹	Endosulfan II	AND
			0,25 ng.l ⁻¹	Endosulfan Sulfato	AND
			0,11 ng.l ⁻¹	Metoxicloro	AND
			0,42 ng.l ⁻¹	Toxafeno	AND
			0,67 ng.l ⁻¹	Beta - HCH	AND
			0,29 ng.l ⁻¹	Delta - HCH	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Tabla N°2 Resultados Analíticos de plaguicidas Organofosforados

N°	Lugar de Muestra	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	El Coyolito	Rugama	50,00 ng.l ⁻¹	CO- Ral (Coumafos)	AND
2	El Coyolito	Filemón R	15,00 ng.l ⁻¹	DEF (Tribufos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Diazinon	AND
			15,00	Etil – Paration	AND
			20,00 ng.l ⁻¹	Etion	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Forate	AND
			100,00 ng.l ⁻¹	Gution (Azinfos Metil)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Malation	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Metil (Paration)	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Mocap Etoprofos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Terbufos	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Zolone (Fosalone)	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Tabla N° 3 Resultados Analíticos de Plaguicidas Organoclorados

N°	Comunidad	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	La Pita	La Pita	0,21 ng.l ⁻¹	Alfa - Clordano	AND
			0,21 ng.l ⁻¹	Gamma - Clordano	AND
			0,23 ng.l ⁻¹	Alfa - HCH	AND
			0,67 ng.l ⁻¹	Lindano	AND
			0,29 ng.l ⁻¹	pp - DDE	AND
			0,36 ng.l ⁻¹	pp - DDD	AND
			0,19 ng.l ⁻¹	pp - DDT	AND
			0,26 ng.l ⁻¹	Heptacloro	AND
			0,82 ng.l ⁻¹	Heptacloro – Epoxido	AND
			0,14 ng.l ⁻¹	Aldrín	AND
			0,11 ng.l ⁻¹	Dieldrín	And
			0,32 ng.l ⁻¹	Endrín	AND
			0,16 ng.l ⁻¹	Endrín Aldeido	AND
			0,28 ng.l ⁻¹	Eldrin Cetona	AND
			0,19 ng.l ⁻¹	Endosulfan I	AND
			0,26 ng.l ⁻¹	Endosulfan II	AND
			0,25 ng.l ⁻¹	Endosulfan Sulfato	AND
			0,11 ng.l ⁻¹	Metoxicloro	AND
			0,42 ng.l ⁻¹	Toxafeno	AND
			0,38 ng.l ⁻¹	Beta - HCH	AND
			8,70 ng.l ⁻¹	Delta - HCH	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Tabla N° 4 Resultados Analíticos de Plaguicidas Organofosforados

N°	Comunidad	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	La Pita	La Pita	50,00 ng.l ⁻¹	CO- Ral (Coumafos)	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	DEF (Tribufos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Diazinon	AND
			15,00	Etil – Paration	AND
			20,00 ng.l ⁻¹	Etion	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Forate	AND
			100,00 ng.l ⁻¹	Gution (Azinfos Metil)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Malation	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Metil (Paration)	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Mocap Etoprofos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Terbufos	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Zolone (Fosalone)	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Tabla N° 5 Resultados Analíticos de Plaguicidas Organoclorados

N°	Comunidad	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	El Cebollal 2	El cebollal 2	0,21ng.l ⁻¹	Alfa - Clordano	AND
			0,21 ng.l ⁻¹	Gamma - Clordano	AND
			0,23 ng.l ⁻¹	Alfa - HCH	AND
			0,67 ng.l ⁻¹	Lindano	AND
			0,29 ng.l ⁻¹	pp - DDE	AND
			0,36 ng.l ⁻¹	pp - DDD	AND
			0,19 ng.l ⁻¹	pp - DDT	AND
			0,26 ng.l ⁻¹	Heptacloro	AND
			0,82 ng.l ⁻¹	Heptacloro – Epoxido	AND
			0,14 ng.l ⁻¹	Aldrín	AND
			0,11 ng.l ⁻¹	Dieldrín	And
			0,32 ng.l ⁻¹	Endrín	AND
			0,16 ng.l ⁻¹	Endrín Aldeido	AND
			0,28 ng.l ⁻¹	Eldrin Cetona	AND
			0,19 ng.l ⁻¹	Endosulfan I	AND
			0,26 ng.l ⁻¹	Endosulfan II	AND
			0,25 ng.l ⁻¹	Endosulfan Sulfato	AND
			0,11 ng.l ⁻¹	Metoxicloro	AND
			0,42 ng.l ⁻¹	Toxafeno	AND
			0,38 ng.l ⁻¹	Beta - HCH	AND
			8,70 ng.l ⁻¹	Delta - HCH	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Tabla N° 6 Resultados Analíticos de Plaguicidas Organofosforados

N°	Comunidad	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	El Cebolla 2	El cebollal 2	50,00 ng.l ⁻¹	CO- Ral (Coumafos)	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	DEF (Tribufos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Diazinon	AND
			15,00	Etil – Paration	AND
			20,00 ng.l ⁻¹	Etion	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Forate	AND
			100,00 ng.l ⁻¹	Gution (Azinfos Metil)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Malation	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Metil (Paration)	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Mocap Etoprofos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Terbufos	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Zolone (Fosalone)	AND

Claves AND: (Análisis No Detectado)

Tabla N° 7 Resultados Analíticos de Plaguicidas Organoclorados

N°	Comunidad	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	El Cebollal 1	El Cebollal 1	0,21 ng.l ⁻¹	Alfa - Clordano	AND
			0,21 ng.l ⁻¹	Gamma - Clordano	AND
			0,23 ng.l ₁	Alfa - HCH	AND
			0,67 ng.l ⁻¹	Lindano	AND
			0,29 ng.l ⁻¹	pp - DDE	AND
			0,36 ng.l ⁻¹	pp - DDD	AND
			0,19 ng.l ⁻¹	pp - DDT	AND
			0,26 ng.l ⁻¹	Heptacloro	AND
			0,82 ng.l ⁻¹	Heptacloro – Epoxido	AND
			0,14 ng.l ⁻¹	Aldrín	AND
			0,11 ng.l ⁻¹	Dieldrín	And
			0,32 ng.l ⁻¹	Endrín	AND
			0,16 ng.l ⁻¹	Endrín Aldeido	AND
			0,28 ng.l ⁻¹	Eldrin Cetona	AND
			0,19 ng.l ⁻¹	Endosulfan I	AND
			0,26 ng.l ⁻¹	Endosulfan II	AND
			0,25 ng.l ⁻¹	Endosulfan Sulfato	AND
			0,11 ng.l ⁻¹	Metoxicloro	AND
			0,42 ng.l ⁻¹	Toxafeno	AND
			0,38 ng.l ⁻¹	Beta - HCH	AND
			8,70 ng.l ⁻¹	Delta - HCH	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Tabla N° 8 Resultados Analíticos de Plaguicidas organofosforados

N°	Comunidad	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	El Cebolla 1	El CebollaL 1	50,00 ng.l ⁻¹	CO- Ral (Coumafos)	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	DEF (Tribufos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Diazinon	AND
			15,00	Etil – Paration	AND
			20,00 ng.l ⁻¹	Etion	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Forate	AND
			100,00 ng.l ⁻¹	Gution (Azinfos Metil)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Malation	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Metil (Paration)	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Mocap (Etoprofos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Terbufos	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Zolone (Fosalone)	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Tabla N° 9 Resultados Analíticos de Plaguicidas organofosforados

N°	Comunidad	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	Puertas Azules	Puertas Azules	50,00 ng.l ⁻¹	CO- Ral (Coumafos)	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	DEF (Tribufos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Diazinon	AND
			15,00	Etil – Paration	AND
			20,00 ng.l ⁻¹	Etion	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Forate	AND
			100,00 ng.l ⁻¹	Gution (Azinfos Metil)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Malation	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Metil (Paration)	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Mocap Etoprofos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Terbufos	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Zolone (Fosalone)	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Tabla N° 10 Resultados Analíticos de Plaguicidas organoclorados

N°	Comunidad	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	Puertas Azules	Puertas Azules	0,21 ng.l ⁻¹	Alfa - Clordano	AND
			0,21 ng.l ⁻¹	Gamma - Clordano	AND
			0,23 ng.l ₁	Alfa - HCH	AND
			0,67 ng.l ⁻¹	Lindano	AND
			0,29 ng.l ⁻¹	pp - DDE	AND
			0,36 ng.l ⁻¹	pp - DDD	AND
			0,19 ng.l ⁻¹	pp - DDT	AND
			0,26 ng.l ⁻¹	Heptacloro	AND
			0,82 ng.l ⁻¹	Heptacloro – Epoxido	AND
			0,14 ng.l ⁻¹	Aldrín	AND
			0,11 ng.l ⁻¹	Dieldrín	And
			0,32 ng.l ⁻¹	Endrín	AND
			0,16 ng.l ⁻¹	Endrín Aldeido	AND
			0,28 ng.l ⁻¹	Eldrin Cetona	AND
			0,19 ng.l ⁻¹	Endosulfan I	AND
			0,26 ng.l ⁻¹	Endosulfan II	AND
			0,25 ng.l ⁻¹	Endosulfan Sulfato	AND
			0,11 ng.l ⁻¹	Metoxicloro	AND
			0,42 ng.l ⁻¹	Toxafeno	AND
			0,38 ng.l ⁻¹	Beta - HCH	AND
			8,70 ng.l ⁻¹	Delta - HCH	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Tabla N° 11 Resultados Analíticos de Plaguicidas organoclorados

N°	Comunidad	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	La Fortuna	La Fortuna	0,21 ng.l ⁻¹	Alfa - Clordano	AND
			0,21 ng.l ⁻¹	Gamma - Clordano	AND
			0,23 ng.l ⁻¹	Alfa - HCH	AND
			0,67 ng.l ⁻¹	Lindano	AND
			0,29 ng.l ⁻¹	pp - DDE	AND
			0,36 ng.l ⁻¹	pp - DDD	AND
			0,19 ng.l ⁻¹	pp - DDT	AND
			0,26 ng.l ⁻¹	Heptacloro	AND
			0,82 ng.l ⁻¹	Heptacloro – Epoxido	AND
			0,14 ng.l ⁻¹	Aldrín	AND
			0,11 ng.l ⁻¹	Dieldrín	And
			0,32 ng.l ⁻¹	Endrín	AND
			0,16 ng.l ⁻¹	Endrín Aldeido	AND
			0,28 ng.l ⁻¹	Eldrin Cetona	AND
			0,19 ng.l ⁻¹	Endosulfan I	AND
			0,26 ng.l ⁻¹	Endosulfan II	AND
			0,25 ng.l ⁻¹	Endosulfan Sulfato	AND
			0,11 ng.l ⁻¹	Metoxicloro	AND
			0,42 ng.l ⁻¹	Toxafeno	AND
			0,38 ng.l ⁻¹	Beta - HCH	AND
			8,70 ng.l ⁻¹	Delta - HCH	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Tabla N° 12 Resultados Analíticos de Plaguicidas organofosforados

N°	Comunidad	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	La Fortuna	La Fortuna	50,00 ng.l ⁻¹	CO- Ral (Coumafos)	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	DEF (Tribufos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Diazinon	AND
			15,00	Etil – Paration	AND
			20,00 ng.l ⁻¹	Etion	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Forate	AND
			100,00 ng.l ⁻¹	Gution (Azinfos Metil)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Malation	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Metil (Paration)	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Mocap Etoprofos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Terbufos	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Zolone (Fosalone)	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Tabla N° 13 Resultados Analíticos de Plaguicidas organoclorados

N°	comunidad	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	La Perla	La Perla	0,21ng.l ⁻¹	Alfa - Clordano	AND
			0,21 ng.l ⁻¹	Gamma - Clordano	AND
			0,23 ng.l ⁻¹	Alfa - HCH	AND
			0,67 ng.l ⁻¹	Lindano	AND
			0,29 ng.l ⁻¹	pp - DDE	AND
			0,36 ng.l ⁻¹	pp - DDD	AND
			0,19 ng.l ⁻¹	pp - DDT	AND
			0,26 ng.l ⁻¹	Heptacloro	AND
			0,82 ng.l ⁻¹	Heptacloro – Epoxido	AND
			0,14 ng.l ⁻¹	Aldrín	AND
			0,11 ng.l ⁻¹	Dieldrín	And
			0,32 ng.l ⁻¹	Endrín	AND
			0,16 ng.l ⁻¹	Endrín Aldeido	AND
			0,28 ng.l ⁻¹	Eldrin Cetona	AND
			0,19 ng.l ⁻¹	Endosulfan I	24,96
			0,26 ng.l ⁻¹	Endosulfan II	19,77
			0,25 ng.l ⁻¹	Endosulfan Sulfato	16,09
			0,11 ng.l ⁻¹	Metoxicloro	AND
			0,42 ng.l ⁻¹	Toxafeno	AND
			0,38 ng.l ⁻¹	Beta - HCH	AND
			8,70 ng.l ⁻¹	Delta - HCH	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Tabla N° 14 Resultados Analíticos de Plaguicidas organofosforados

N°	comunidad	Nombre de la fuente	Límite de detección	Parámetro	Resultados
1	La Perla	La Perla	50,00 ng.l ⁻¹	CO- Ral (Coumafos)	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	DEF (Tribufos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Diazinon	AND
			15,00	Etil – Paration	133,76
			20,00 ng.l ⁻¹	Etion	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Forate	AND
			100,00 ng.l ⁻¹	Gution (Azinfos Metil)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Malation	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Metil (Paration)	AND
			50,00 ng.l ⁻¹	Mocap Etoprofos)	AND
			25,00 ng.l ⁻¹	Terbufos	AND
			15,00 ng.l ⁻¹	Zolone (Fosalone)	AND

Claves: AND (Análisis No Detectado)

Anexo 6. Fotos de la recolección da muestras y visita a las fuentes de agua



