



Universidad Nacional Agraria

Proyecto “Fortalecimiento de capacidades de técnicos de las entidades socias TROCAIRE y actores locales de las micro cuencas Orocuina, Las Jaguas, El Espinal y el municipio La Conquista, para la implementación de acciones de ordenamiento territorial y gestión de riesgos”

Calidad del agua de pozos y aguas superficiales en la micro cuenca Las Jaguas, municipio de Ciudad Antigua



Elaborado por: **Yader Barrera**

César Aguirre

Colaborador: **Justo Castro**

Managua, Diciembre de 2011

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación es uno de los problemas ambientales más sentidos, tanto en la salud de los ecosistemas como de seres humanos. Sus efectos son notables en los diferentes daños que se presentan en los seres vivos, la salud humana y reducción de los diferentes tipos de usos, pero principalmente en el brote de epidemias relacionadas con el agua y su disponibilidad para consumo humano.

Las enfermedades relacionadas con el agua son una tragedia para la humanidad, que cada año causa la muerte a más de 5 millones de personas - 10 veces más que las víctimas de guerra. (UNESCO, 2003). Alrededor de 2,300 millones de personas padecen enfermedades de origen hídrico. Un 60 por ciento de la mortalidad infantil mundial es causado por enfermedades infecciosas y parasitarias, la mayoría relacionadas con el agua contaminada.

En el caso de Nicaragua según CEPIS-OPS (2000), las enfermedades diarreicas agudas, que generalmente se asocian a la calidad del agua utilizada para consumo humano, tuvieron una incidencia de 1,906,233 casos durante el periodo de 1992 a 1999, con un promedio de 240,000 casos al año; los departamentos más afectados por la EDA's fueron Managua (23 %), Matagalpa (15 %), Chinandega (9 %); mientras que las muertes por las EDA's reportadas durante esa mismo periodo ascendieron a 3,276. Según el MINSA (2003), las enfermedades diarreicas agudas se encuentran entre las principales causas de morbilidad y mortalidad en los niños menores de 5 años. Otra enfermedad relacionada con el agua es la hepatitis viral; los departamentos con mayor incidencia fueron Managua (40 %), Masaya (9 %) y León (7%).

Por esta razón, es necesario realizar monitoreo del estado de la calidad del agua, principalmente la que es utilizada para el consumo humano. Las comunidades rurales en muchas ocasiones disponen de fuentes de agua para diversos usos; sin embargo, ignoran la calidad del recurso por lo que no implementan medidas para evitar riesgos de enfermedades transmitidas por el agua contaminada. En este sentido, el MINSA y los gobiernos municipales juegan un rol importante en la prevención de enfermedades relacionadas de origen hídrico.

En el contexto de la problemática antes mencionada, el presente trabajo de investigación se realizó en la micro cuenca Las Jaguas localizada en el municipio Ciudad Antigua, área influencia del proyecto UNA-IPADE-TROCAIRE, a petición del Gobierno Municipal a raíz de indicios de contaminación del agua, que aún no han sido documentados.

El propósito del estudio es brindar información relevante sobre la calidad del agua de pozos y superficiales, con el fin de facilitar la toma de decisiones de los actores locales en aspectos de agua y saneamiento, que contribuyan a mejorar la salud de los habitantes y los ecosistemas de la micro cuenca. La investigación incluyó el monitoreo de agua de los principales pozos utilizados para consumo humano en las dos comunidades presentes en la cuenca: Las Jaguas y Ramos; se analizaron diversos parámetros físico-químicos, bacteriológicos y biológicos, estos últimos únicamente para aguas superficiales. Asimismo, se realizó el monitoreo de calidad del agua superficial de la quebrada Las Jaguas.

II. OBJETIVOS

2.2. Objetivo General

Brindar información relevante a los tomadores de decisiones, al respecto de la calidad de agua de pozos y aguas superficiales, con el propósito de incidir en el uso y manejo del agua en la micro cuenca Las Jaguas y por ende a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

2.3. Objetivos Específicos

- Determinar la calidad del agua de pozos para consumo humano
- Determinar la calidad del agua superficial de la quebrada Las Jaguas
- Proponer estrategias para el buen uso y manejo del agua

III. CONCEPTOS BASICOS

3.1. Composición del agua subterránea

La composición química del agua subterránea está determinada por las sustancias presentes en los materiales hidrogeológicos y que con facilidad se pueden disolver en el agua. La importancia de conocer su composición química radica en su aptitud para el consumo humano. Mientras tanto, la presencia de organismos está influenciada por actividades humanas que están estrechamente vinculadas al uso de los recursos naturales aledaños a las fuentes de agua.

3.2. Parámetros Físico-Químicos

Alcalinidad: La alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, su capacidad para reaccionar con iones hidrógenos, para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas. En aguas naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de iones: Bicarbonatos, Carbonatos, Hidróxidos. La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón del agua.

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.

Dureza: Se consideran aguas duras aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua.

Desde el punto de vista sanitario, las aguas duras son tan satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas; sin embargo, un agua dura requiere demasiado jabón para la

formación de espuma y crea problemas de lavado; además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies con las cuales entra en contacto y en los recipientes, calderas o calentadores en los cuales es calentada.

En general la alcalinidad, pH y dureza son características del agua que pueden afectar la calidad de la misma para el consumo humano y el uso agrícola. Cuando se encuentra en ciertas concentraciones y combinaciones, la alcalinidad, pH y dureza, pueden incrementar las incidencias de enfermedades cardíacas y otras dolencias.

Conductividad Eléctrica: Es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación.

Sodio: El sodio es un metal muy activo que no existe libre en la naturaleza. Todas las sales de sodio son muy solubles en el agua; por ello es muy común encontrar aguas con Sodio. En aguas de consumo humano no se limita la concentración de Sodio a un valor específico; sin embargo, personas con enfermedades cardíacas, renales y circulatorias requieren dietas bajas de sodio.

Potasio: El Potasio se encuentra en la naturaleza en forma iónica o molecular; es un elemento muy activo que reacciona vigorosamente con el oxígeno y el agua. Muchas de sus características son semejantes a las del Sodio y sirve por ello como sustituto de este elemento en muchas sales de uso industrial. El Potasio es un elemento nutriente esencial y en dosis de 1 a 2 gramos es laxante; por ello se considera recomendable un límite de 1000 a 2000 mg/L de potasio en aguas para consumo, aunque las normas de agua potable no especifican ningún límite. Puede removerse mediante intercambio catiónico, evaporación y osmosis inversa.

Calcio: El calcio (Ca^{+2}) suele ser el catión principal en la mayoría de las aguas naturales debido a su amplia difusión en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. En rocas ígneas aparece como constituyente esencial de los silicatos, especialmente en el grupo de las plagioclasas. En rocas sedimentarias aparece fundamentalmente en forma de carbonato de calcio CaCO_3 . Las concentraciones de calcio en el agua dulce varían de 10 a 250 mg l^{-1} , pudiendo llegar hasta 600 mg l^{-1} en terrenos yesíferos y en salmueras de CaCl_2 , hasta 50,000 mg l^{-1} . Este elemento es esencial para la vida de las plantas y animales, ya que está presente en el esqueleto de los animales, en los dientes, en la cáscara de los huevos, en el coral y en muchos suelos. El cloruro de calcio se halla en el agua del mar en un 0.15%.

Magnesio: En aguas dulces naturales el contenido en ión Mg^{+2} no suele sobrepasar 40 mg l^{-1} . En terrenos calcáreos pueden elevarse hasta 100 mg l^{-1} y en terrenos evaporíticos pueden alcanzar valores de 1,000 mg l^{-1} (Custodio & Llamas, 2001).

Sulfatos: El ión sulfato es uno de los aniones más comunes en las aguas naturales; se encuentra en concentraciones que varía desde unos pocos hasta varios miles de mg/L . Como sulfatos de sodio y de magnesio tienen un efecto purgante, especialmente entre los niños, se recomienda un límite superior en aguas potables de 250 mg/L de sulfatos. El contenido de sulfatos es también importante porque las aguas con alto contenido de este compuesto tienden a formar incrustaciones en las calderas y en los intercambiadores de calor.

Cloruros: El cloruro es una de las especies de cloro de importancia en aguas; éste aparece en todas las aguas naturales en concentraciones que varían ampliamente. Los excrementos humanos, principalmente la orina, contienen cloruros en una cantidad casi igual los consumidos

con los alimentos y el agua. Los cloruros en concentraciones razonables no son peligrosos para la salud y son un elemento esencial para las plantas y los animales. En concentraciones por encima de 250 mg/L producen un sabor salado en el agua, el cual es rechazado por el consumidor; para consumo humano el contenido de cloruros se limita a 2050 mg/L, sin efectos adversos gracias a la adaptación del organismo.

Nitritos y nitratos: En aguas naturales y subterráneas es generalmente menor a 0.1 mg/L. su presencia es generalmente indicativa de procesos activos biológicos en el agua. ya que es fácil y rápidamente convertido en nitrato.

Los bebés menores de seis meses que tomen agua que contenga una alta concentración de nitratos y/o Nitritos mayor a la permitida, podrían enfermarse gravemente, que de no ser atendidos, podrían fallecer. Los síntomas incluyen: dificultad respiratoria y síndrome de bebé azul.

Fosfatos: El Fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales; actualmente es considerado como uno de los nutrientes que controla el crecimiento de las algas. El Fósforo como fosfato es un nutriente de los microorganismos, por lo que en aguas naturales la concentración de fósforo es baja de 1-15 mg/L.

Carbonatos y Bicarbonatos: Los iones bicarbonatos y carbonatos, representan la alcalinidad del agua en el sentido que dan la capacidad de consumo de ácido, al crear una solución tampón (son aquéllas que ante la adición de un ácido o base son capaces de reaccionar oponiendo la parte de componente básica o ácida para mantener fijo el pH).

Fluoruros: La mayoría de los fluoruros son de baja solubilidad; por ello la concentración de fluoruros en aguas naturales es normalmente baja, generalmente menor de 1 mg/L en aguas superficiales, raras veces mayor de 10 mg/L y excepcionalmente más de 50 mg/L.

La importancia de los fluoruros en la prevención de la caries ha sido completamente demostrada, el organismo procede con los fluoruros en igual forma que con los demás nutrientes, es decir que una vez ingeridos los absorbe y los distribuye por la sangre a todos los órganos. Dada la afinidad del flúor con el hueso y el diente, es allí donde preferiblemente es captado y utilizado.

Arsénico: Es un mineral que se produce naturalmente; los humanos estamos expuestos al arsénico de origen natural en el aire que respiramos, el agua que consumimos y los alimentos que ingerimos. La mayor parte de la exposición procede de las fuentes de agua potable; hacer frente a la contaminación del agua potable representa la mejor oportunidad para reducir la exposición total. Es por eso que es muy importante evaluar las implicaciones para la salud pública de los niveles actuales y futuros, antes de decidir qué exposiciones deben ser reducidas.

Según Gorby (1994) y Edmunds (1996) citados por Altamirano (2005), las personas expuestas a Arsénico presentan mucosas irritadas, en los ojos se manifiesta conjuntivitis, rinitis y hasta perforación del tabique nasal. En el sistema nervioso se producen alteraciones; en las extremidades se manifiestan dolor, punzadas y picazón, debilidad muscular cercana a la parálisis, encefalopatía y cefaleas crónicas. La EPA tiene clasificado al Arsénico como un carcinogénico humano del grupo A (ha sido demostrado clínicamente mediante ensayos en ratones).

Hierro: Valores de concentración de hierro entre 1 y 10 mg l⁻¹, pueden ser comunes, aunque aguas con pH entre 6 y 8 pueden presentar concentraciones de hasta 50 mg l⁻¹, cuando los bicarbonatos se encuentran por debajo de 61 mg l⁻¹. Lo más normal es que se encuentre en concentraciones inferiores a 0.1 mg l⁻¹ (Custodio & Llamas, 2001)

El hierro causa problemas en suministros de agua, los cuales son más comunes en aguas subterráneas. Existe en suelos y minerales principalmente como óxido férrico insoluble y sulfuro de hierro, pirita. Como las aguas subterráneas contienen cantidades apreciables de CO₂, producidas por la oxidación bacteriana de la materia orgánica con la cual el agua entra en contacto, se puede disolver cantidades apreciables de carbonato ferroso.

Cloro: El cloro ha sido usado ampliamente como desinfectante para el control de microorganismos en aguas de consumo, aguas residuales, piscinas, lodos, etc., así como oxidante para la oxidación de hierro y manganeso; para el control de olores y sabores, oxidación de sulfuros, remoción de amoníaco y color orgánico y oxidación de cianuros.

Amoníaco: El amoníaco se sintetiza a partir del Nitrógeno al Hidrógeno (NH₃); es un gas incoloro, tiene un desagradable olor picante y es venenoso. Se licúa fácilmente y es muy soluble en agua. El nitrato de amonio es uno de los fertilizantes más importantes empleados en la agricultura; entre un 80 y un 90 % del amoníaco obtenido se utiliza para la fabricación de abonos. Cuando hay aplicación de fertilizantes en agricultura, fácilmente puede incorporarse el amoníaco a las fuentes de agua (Figuerola y Guzmán 2010)

Demanda bioquímica de oxígeno (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 período de 5 días y a 20 °C (Romero, 2001). 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.

Demanda química de oxígeno (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 (Romero, 2001).

3.3. Parámetros Bacteriológicos

El análisis bacteriológico del agua es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua. El examen bacteriológico de abastecimiento de agua no implica la búsqueda directa de los gérmenes patógenos. El ensayo se basa en el supuesto de que todas las aguas contaminadas con las de cloaca son potencialmente peligrosas.

Coliformes totales: Son organismos que se encuentran en el tracto intestinal de los organismos de sangre caliente y son excretados en grandes cantidades. El propósito del análisis bacteriológico del agua es indicar su contaminación con aguas negras o heces fecales, en el momento del muestreo, y por ende la posibilidad de que pueda transmitir enfermedades al consumirla. Estas bacterias causan disentería en los seres humanos.

Los coliformes no solamente provienen de los excrementos humanos sino también pueden originarse en animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo. Por lo tanto, la presencia de coliformes en aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos

humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes.

Coliformes fecales: Los microorganismos que tienen las mismas propiedades de los coliformes totales, a una temperatura de 44 ó 44.5 °C. También se les asigna coliformes termorresistentes o termotolerantes (CAPRE, 1994). Los coliformes fecales son un subconjunto del grupo de coliformes totales; *E. coli* es el mayor subconjunto del grupo de coliformes totales. Se distinguen en el laboratorio por su habilidad o capacidad para crecer a elevadas temperaturas (44.5 °C). Ambos coliformes, los fecales y *E. coli*, son mejores indicadores de la presencia de contaminación fecal reciente, que los coliformes totales, pero no distinguen entre contaminación humana y animal.

3.4. Parámetros Biológicos

Bioindicadores: Los bioindicadores miden la salud del sistema acuático, determinan el impacto potencial al ámbito humano; un indicador es un organismo selecto por el grado de sensibilidad o tolerancia a diversos tipos de contaminación.

De Zwart (1995; citado por De La Lanza *et al*, 2000), indica que el método de biomonitoreo presenta ventajas sobre el monitoreo químico entre las cuales están: i) Miden la biohabilidad de los compuestos, integrando la concentración y su toxicidad intrínseca, ii) Integran los efectos en un gran número de individuos. La respuesta biológica es integrativa y acumulativa en la naturaleza, especialmente en los niveles altos de organización biológica, lo cual reduce el número de medidas en un espacio y tiempo. Como desventaja otros autores señalan la dificultad de relacionar los efectos observados con una contaminación en especial y no reemplaza al análisis químico.

Frecuentemente se usan macroinvertebrados (insectos, moluscos y crustáceos) por su fácil colecta, manejo e identificación; además de que existe asociada a ellos, mayor información ecológica (De La Lanza *et al*, 2000). Los macroinvertebrados bentónicos son comunidades de insectos residentes o vulnerables a la contaminación del agua (Chará, 2003).

Actualmente, el uso de estos organismos bentónicos están siendo utilizado para determinar la calidad de las aguas fluviales, por ser un método fácil de usar y además porque no implica grandes costos en la implementación. A diferencia de los análisis físico-químicos (puntuales), estos organismos pueden predecir efectos acumulativos importantes en cuanto al tiempo, por la duración de la vida de los mismos. La utilización de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua tiene ventajas y desventajas.

BMWP: El Biological Monitoring Working Party (BMWP), es una metodología desarrollada en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macro-invertebrados como bioindicadores.

El método BMWP sólo requiere identificar a los macro invertebrados hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia/ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuridae, reciben un puntaje de 10; en cambio las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo: Tubificidae recibe una puntuación de 1 (Armitage *et al.*, 1992). La suma de los puntajes de todas las familias da el puntaje total BMWP. El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxon), es el puntaje total BMWP dividido por el

número de los taxa. Los valores ASPT van de 0 a 10; un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP, indica condiciones graves de contaminación.

IV. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

4.1. El área de estudio.

La micro cuenca Las Jaguas está ubicada en la zona central del municipio Ciudad Antigua - Nueva Segovia, aproximadamente a 2 km de la cabecera municipal. En este territorio se encuentran ubicadas las comunidades Las Jaguas y Ramos, ambas pertenecientes a la Micro Región No. I del municipio. Se caracteriza por su relieve accidentado con fuertes pendientes, alta incidencia de pobreza, baja densidad de población, con bosques latifoliados con bajo valor comercial, actividad productiva centrada en cultivos de subsistencia (maíz y frijol) y en menor proporción café y caña de azúcar, con recursos hídricos superficiales contaminados, poca presencia e institucional, pero que cuenta con un buen nivel organizativo de sus habitantes.

a. Geología/hidrogeología

La geología de la zona está compuesta en su mayor parte (90 %, equivalente a 946.45 ha) por esquistos, y en menor proporción (10 %, equivalente a 105.03 ha) por otro tipo de roca constituida por gravas, arena y arcilla.

b. Uso de la tierra:

La mayor parte del territorio (72 %) está cubierta por bosques, sin embargo, el 60 % de esta área corresponde a bosque abierto, es decir, que está muy intervenido; sólo una cuarta parte del territorio (28 %) tiene uso agropecuario.

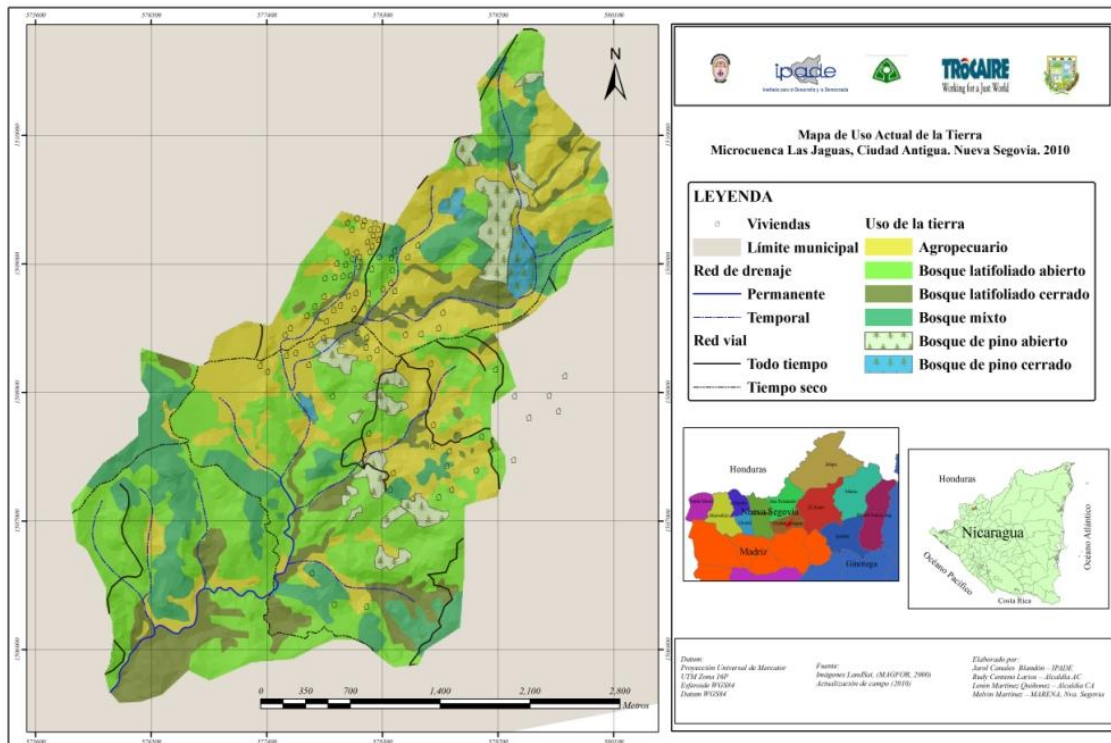


Figura 1. Mapa de uso de la tierra en la micro cuenca Las Jaguas

4.2. Selección de los sitios de muestreo

Se seleccionaron seis pozos de la comunidad Las Jaguas y dos en la comunidad Ramos (ver figura 2), por ser los que abastecen el consumo de agua a mayor población; a éstos se les realizó monitoreo de calidad de agua utilizando test de campo de diferentes parámetros, asimismo, se llevaron muestras al laboratorio de dos pozos de la comunidad Las Jaguas y uno de la comunidad Ramos.

Para el análisis de aguas superficiales se ubicaron dos sitios de muestreo en la Quebrada Las Jaguas, uno en la parte alta y otro en la parte baja, con el propósito de conocer la carga contaminante que pudiera adquirir el agua en su recorrido por la comunidad Las Jaguas. Ambos sitios se ubicaron en áreas con influencia de actividades agrícolas, para medir el impacto de dichas actividades en la salud de los ecosistemas acuáticos.

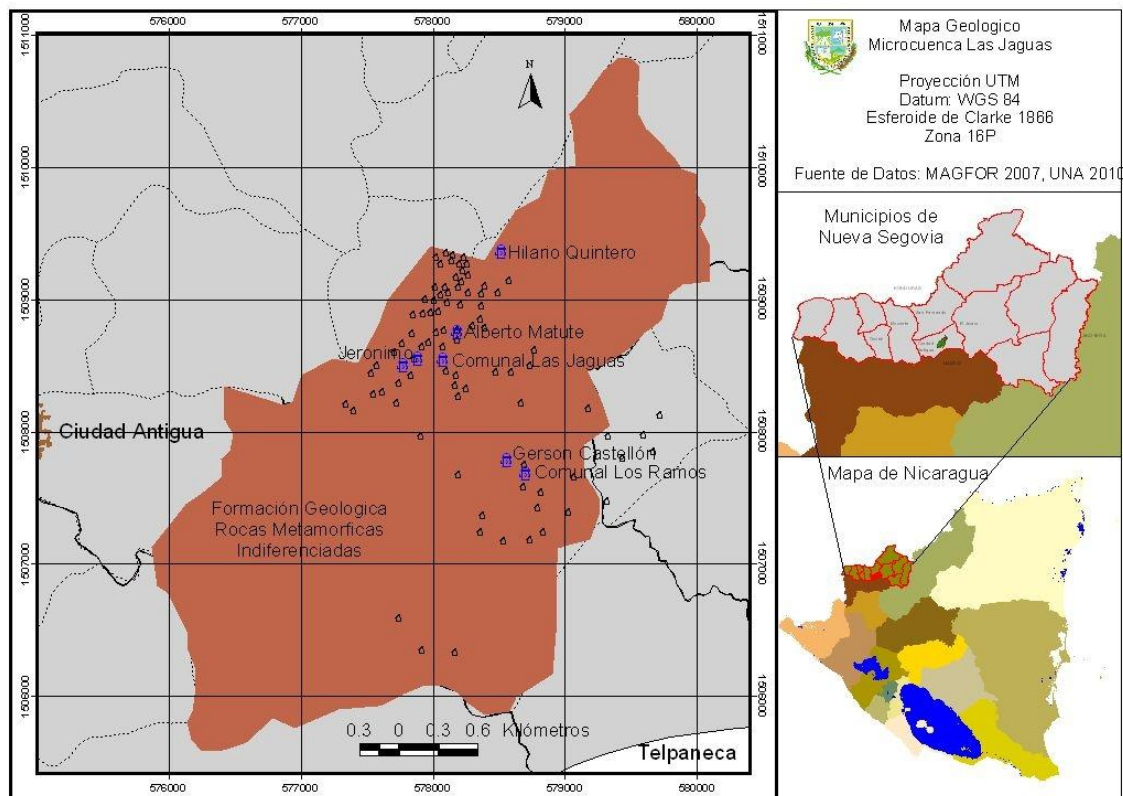


Figura 2. Mapa geológico y ubicación de los pozos muestreados en la microcuenca Las Jaguas

4.3. Parámetros monitoreados en agua de pozos

Para el monitoreo de agua de pozos se seleccionaron parámetros físico-químicos y bacteriológicos, por ser estos muy importantes para determinar su aptitud para el consumo humano. Los resultados obtenidos fueron comparados con los límites establecidos por las normas CAPRE, las cuales rigen las normas de calidad de agua para Nicaragua.

Utilizando una matriz de campo se recolectó la siguiente información: Año de construcción del pozo, forma de construcción, profundidad, usos del agua, existencia de brocal, forma de extraer el agua (bomba de mecate o mecánica), distanciamiento de letrinas, protección de la fuente (tapa, caceta).

Para el análisis de Arsénico y Hierro en laboratorio, fue necesario estabilizar las muestras con Oxido Nitroso (NOx), utilizando 8 ml por galón de agua. Para el análisis de los demás parámetros se recolectaron muestras de un galón de agua (en recipiente plástico); las cuales se introdujeron en un termo con hielo para ser trasladadas al laboratorio. Las muestras de agua para el análisis bacteriológico se trasladaron en bolsas de pírex de 100 ml. Los recipientes utilizados fueron enjuagados en varias ocasiones con el agua de pozo para homogeneizarlos.

Para el monitoreo en campo se utilizaron test de diferentes parámetros (ver tabla 1): físico-químicos, (Cloro Total, Cloro Residual, Dureza, Alcalinidad, pH, Nitrato, Nitrito, Fosfato, Hierro, Amoníaco y Arsénico) y bacteriológico (coliformes totales)

Tabla 1. Parámetros de aguas analizados tanto en campo como en laboratorio

Parámetros del Análisis Cualitativo (en campo)	Parámetros del Análisis Cuantitativo (en laboratorio)
Físico-químico	Físico-químicos
Cloro total (cinta HACH 5 -in-1)	Sodio
Cloro Residual (cinta HACH 5-in-1)	Potasio
Dureza como Carbonato de Calcio (cinta HACH 5-in-1)	Calcio
Alcalinidad (cinta HACH 5-in-1)	Magnesio
pH (Water Quality Test Strips for 5-in-1)	Carbonatos
Nitrato (cinta HACH)	Bicarbonatos
Nitrito (cinta HACH)	Sulfatos
Fosfato (cinta HACH)	Cloruros
Hierro (cinta HACH)	pH
Amonio (cinta HACH)	Conductividad Eléctrica
Arsénico (cinta HACH)	Nitritos
Bacteriológico	Nitratos
Coliformes totales (Phatoscreen)	Fosfatos
	Dureza como Carbonato de Calcio
	Fluoruros
	Arsénico
	Hierro
	Bacteriológico
	Coliformes Totales
	Coliformes Fecales

4.4. Parámetros monitoreados en aguas superficiales

Para el caso del agua de la quebrada Las Jaguas, se analizaron las variables de temperatura, pH, DBO₅ y DQO, las cuales fueron analizadas en Laboratorio; igualmente, se tomaron muestras para análisis de presencia y ausencia de bacterias del grupo coliformes.

Las muestras en aguas superficiales se recolectaron en recipientes plásticos de dos litros, evitando la entrada de aire para no alterar los resultados de pH, DBO y DQO. Para el análisis bacteriológico se tomaron las muestras en bolsas de pirex y se les adicionó el reactivo

Phatoscreen, con el objetivo de verificar la presencia o ausencia de bacterias del grupo coliformes; la comprobación se realizó 24 horas después de tomada la muestra. Se hicieron lecturas rápidas utilizando test de campo para diferentes parámetros físico-químicos, (Cloro Total, Cloro Residual, Dureza, Alcalinidad y pH).

Para medir la calidad biológica del agua se recolectaron y clasificaron organismos macroinvertebrados bentónicos, como indicadores de calidad de agua. Se seleccionó un tramo de 100 m sobre el cauce y se recolectó los organismos presentes en diferentes sustratos, tales como piedras, rocas, arenas, sedimentos, hojarasca, palos podridos, raíces de arboles, entre otros

V. RESULTADOS

5.1. Calidad del agua de pozos

Con el objetivo de facilitar la interpretación de la información de los actores y pobladores locales, los resultados se presentan por cada uno de los pozos de manera que permita una toma de decisiones más acertada. Primeramente, se presentan los resultados de pozos a los que se les realizó análisis de laboratorio, cuyos resultados tienen mayor precisión; luego se detallan los análisis utilizando test de campo.

En todos los pozos se realizó el test para examinar la presencia de Cloro total y Cloro residual; sin embargo, en ningún caso se encontró residuos de Cloro, es por eso que no aparece reflejado en las tablas donde se presentan los datos de campo.

5.1.1. Pozo Comunal Ramos

Este pozo está ubicado en la comunidad Ramos; no hay letrinas ni charcos cercanos; fue construido de manera artesanal, tiene una profundidad de 10 m. Está protegido con brocal, tapa y una caceta. El agua se extrae con bomba de mecate, la cual es utilizada para consumo y uso doméstico; actualmente este pozo abastece a ocho familias de la comunidad.

a. Calidad físico-química del agua

Todos los parámetros estudiados en laboratorio presentaron resultados por debajo de los niveles recomendados por las normas CAPRE, no así los contenidos de Fluoruros (ver tabla 2), los cuales sobrepasan el nivel permisible para consumo humano en agua potable (0.70 mg/l). Sin embargo, según Rojas (1999) aunque el consumo de fluoruros por encima de lo recomendado por las normas de calidad de agua potable puede ser muy crítico para la salud humana, es importante consumir aguas que contenga entre 0.7 a 1.2 mg/l para la salud dental óptima. A menores concentraciones la caries dental es un problema serio, mientras que a mayores concentraciones la fluorosis dental y otros efectos tóxicos se hacen causa de objeciones y oposición a la fluorización. La OPS recomienda una concentración de 1.5 mg/L; además, si se absorbe flúor con demasiada frecuencia puede provocar osteoporosis y daños a los riñones, huesos, nervios y músculos.

La presencia de fluoruros puede deberse al paso del agua proveniente de la precipitación por la corteza terrestre, que a su paso puede tener contacto con rocas, carbón y arcilla que pueden presentar contenidos de Flúor en su composición y puede solubilizarse en el agua subterránea.

En el caso de los resultados obtenidos en el monitoreo utilizando test de campo el contenido de Hierro es el que sobrepasa los niveles permisibles establecidos por las normas CAPRE. En el

segundo muestreo realizado se encontró un valor de 0.8 mg/l; sin embargo, los niveles encontrados en los siguientes muestreos estuvieron por debajo de los establecidos por dichas normas. Esto puede estar relacionado a la dirección y el tiempo que tarda el agua en penetrar las rocas y llegar al acuífero, en cuyo transecto pudo encontrarse con materiales ricos en óxidos de hierro.

Las aguas con hierro al ser expuestas al aire, por acción del oxígeno, se hacen turbias e inaceptables estéticamente, debido a la oxidación del hierro soluble el cual forma precipitados coloidales. De esta manera, puede causar manchas rojizas-café en la ropa, porcelana, platos, utensilios, vasos, accesorios de plomería y concreto. Aunque el Hierro es parte esencial en el cuerpo humano por ser un componente de la hemoglobina de la sangre, su consumo en exceso puede provocar conjuntivitis, coriorretinitis, y retinitis si contacta con los tejidos y permanece en ellos.

b. Calidad bacteriológica

Los resultados de laboratorio a inicios del mes de Mayo 2011, indicaron que no había presencia de bacterias del grupo coliformes totales y fecales (ver tabla 2); por lo que las aguas de este pozo eran aptas para consumo humano. Sin embargo, el monitoreo realizado en campo en los meses de Septiembre y Noviembre, reflejó la presencia de bacterias del grupo coliformes (ver tabla 3). Las intensas lluvias provocan escurrimiento superficiales que arrastran sedimentos contaminados, los cuales pueden filtrarse hasta llegar a los pozos, por tanto, se recomienda hervir o clorar el agua utilizada para consumo y para lavar los utensilios de cocina.

Tabla 2. Resultados de los análisis de laboratorio del pozo comunal de la comunidad Ramos y el valor máximo admisible recomendado por las normas CAPRE.

Análisis	Unidad	Pozo Comunal Ramos	Valor máximo admisible
Sodio	mg/l	19	200
Potasio	mg/l	0.5	10
Calcio	mg/l	14.1	100
Magnesio	mg/l	7	50
Carbonatos	mg/l	< 2.4	
Bicarbonatos	mg/l	81.3	
Sulfatos	mg/l	12.8	250
Cloruros	mg/l	12.8	250
pH	-	6.5	6.5-8.5
Conductividad Eléctrica	µS/cm	204	400
Nitritos	mg/l	<0.03	0.1
Nitratos	mg/l	<0.9	50
Fosfatos	mg/l	0.21	NE
Dureza como carbonato de calcio	mg/l	63.9	NE
Fluoruros	mg/l	0.96	0.7
Arsénico	mg/l	< 0.001	0.01
Hierro	mg/l	< 0.06	0.3
Coliformes totales	UFC/100ml	0	Negativo
Coliformes fecales	UFC/100ml	0	Negativo

Tabla 3. Resultados de los análisis de test de campo del pozo comunal de la comunidad Ramos y el valor máximo admisible recomendado por CAPRE

Análisis	Muestreo 2011				CAPRE	Observaciones/ recomendaciones
	May	Sep	Oct	Nov		
Dureza, mg/l	120	120	120	100	400	El test de campo demuestra aguas de buena calidad para consumo humano
Alcalinidad, ppm	100	80	120	120		
pH	6.5	6.5	6.2	6.5	6.5-8.5	
Nitratos		5	2	3	50	
Nitritos		0	0	0	0.1	
Fosfato, mg/l		12	5	5	NE	
Hierro, mg/l		0.8	0.1	0	0.3	
Amonio, mg/l		0.15	0	0.15	0.5	
Arsénico, mg/l		0	0	0	0.01	
Presencia de Coliformes	No	No	No	Si	NO	Hervir y clorar el agua, principalmente en época lluviosa

5.1.2. Pozo de Hilario Quintero, comunidad Las Jaguas

Este pozo está ubicado en la comunidad Las Jaguas, en la propiedad del Sr. Hilario Quintero; no hay letrinas ni charcos cercanos. Fue construido de manera artesanal, tiene una profundidad de 7 m; está protegido con brocal, tapa y una caceta. El agua se extrae con bomba de mecate; actualmente abastece a cinco familias de la comunidad.

a. Calidad Física-química

Los resultados de los parámetros físico-químicos obtenidos en laboratorio, están por debajo de los límites permisibles establecidos para aguas de consumo humano; no así, el contenido de fluoruros que está por encima de los límites permisibles (ver tabla 4), aunque no es causa de preocupación para la población, ya que estos niveles de fluoruros pueden favorecer la salud óptima dental.

b. Calidad Bacteriológica

Los resultados del laboratorio indicaron la no presencia de coliformes totales y fecales en el agua. En los monitoreo de campo realizados en Mayo y Septiembre no se encontraron bacterias de este tipo; en cambio, los realizados en Octubre y Noviembre detectaron la presencia de coliformes (ver tabla 5), lo cual puede ser debido a la filtración de agua contaminada proveniente de la escorrentía superficial; por tanto, se recomienda para este periodo hervir o clorar el agua que se utiliza para consumo humano.

Tabla 4. Resultados de los análisis de laboratorio del agua de pozo del Sr. Hilario Quintero, y el valor máximo admisible recomendado por las normas CAPRE.

Análisis	Unidad	Las Jaguas	Valor Máximo Admisible
Sodio	mg/l	17.3	200
Potasio	mg/l	0.8	10
Calcio	mg/l	11.9	100
Magnesio	mg/l	8.8	50
Carbonatos	mg/l	< 2.4	
Bicarbonatos	mg/l	92.2	
Sulfatos	mg/l	14.1	250
Cloruros	mg/l	10.2	250
pH	-	6.8	6.5-6.8
Conductividad Eléctrica	μS/cm	209	400
Nitritos	mg/l	< 0.03	0.1
Nitratos	mg/l	< 0.9	50
Fosfatos	mg/l	2.6	NE
Dureza como carbonato de calcio	mg/l	65.8	NE
Fluoruros	mg/l	0.71	0.7
Arsénico	mg/l	< 0.001	0.01
Hierro	mg/l	< 0.06	0.3
Coliformes totales	UFC/100ml	0	0
Coliformes fecales	UFC/100ml	0	0

Tabla 5. Resultados de los análisis de test de campo del pozo del Sr. Hilario Quintero y el valor máximo admisible recomendado por CAPRE

Análisis	Muestreo 2011				CAPRE	Observaciones/ recomendaciones
	May	Sep	Oct	Nov		
Dureza, mg/l	120	120	120	120	400	El test de campo demuestra aguas de buena calidad para consumo humano
Alcalinidad, ppm	100	100	120	80		
pH	6.8	7.2	6.8	6.8	6.5-8.5	
Nitratos		0	0	0	50	
Nitritos		0	0	0	0.1	
Fosfato, mg/l		5	10	12	NE	
Hierro, mg/l		0	0	0	0.3	
Amonio, mg/l		0.25	0.3	0	0.5	
Arsénico, mg/l		0	0.002	0	0.01	
Presencia de Coliformes	No	No	Si	Si	No	Hervir y clorar el agua, principalmente en la época lluviosa

5.1.3. Pozo Alberto Matute, Comunidad Las Jaguas

Este pozo está ubicado en Las Jaguas, en propiedad del Sr. Alberto Matute; no hay letrinas ni charcos cercanos. Fue construido utilizando maquinas artesianas, tiene una profundidad de 35 m; está protegido con brocal y tapa. El agua se extrae con bomba de mecate; desde hace ocho años abastece a cinco familias de la comunidad.

a. Calidad física-química

De los parámetros analizados en el laboratorio, únicamente la Conductividad Eléctrica (505 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Arsénico (0.25 mg/l) y Hierro (0.373 mg/l), sobrepasan los niveles permisibles para consumo humano de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 0.01 mg/l y 0.3 mg/l, respectivamente (ver tabla 6).

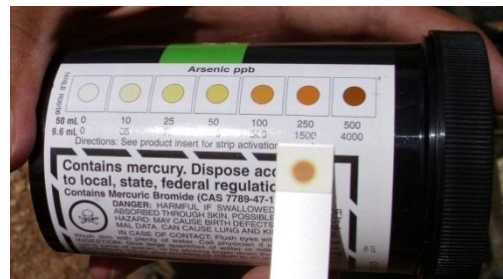
Esta concentración de arsénico en las aguas subterráneas puede deberse a que es uno de los pozos más profundos de la localidad (35 m), que implicó la perforación de varias capas hasta llegar al acuífero. Se reporta que los altos niveles de Arsénico puede estar vinculado a procesos hidrotermales asociados al vulcanismo terciario, siendo los precipitados de fluidos hidrotermales la fuente primaria de este elemento.

A pesar que la profundidad del pozo es relativamente superficial, la geología observada en la superficie consiste de basamentos con estructuras de bloques, compuestos por capas de diferentes minerales producto de procesos metamórficos. En estas rocas se pueden observar alteraciones hidrotermales que ocultan con facilidad la composición y la textura original de las mismas; por tanto, donde ocurren fallas y fracturas por donde circulan los flujos de agua subterráneas pueden permitir que al paso del agua, ésta se contamine con el Arsénico presente en la estructura de las rocas.

El alto contenido de Arsénico es el que presenta mayor peligrosidad para la salud de los consumidores, ya que es un elemento muy toxico, que provoca una diversidad de daños a la salud humana. En Nicaragua hay casos relevantes de daños a la salud, como es el fallecimiento de un paciente con cáncer en 1999 en la comunidad El Carrizo (valle de Sébaco), quien ingirió agua contaminada con arsénico, con una concentración 100 $\mu\text{g l}^{-1}$ durante 2 años (exposición crónica).

Tanto los resultados del laboratorio como el monitoreo de campo demuestran la presencia de Arsénico en el agua. En el monitoreo de agosto se encontró una concentración de 0.10 mg/l y en el realizado en el mes de Septiembre 0.25 mg/l (ver figura 3), sobrepasando ampliamente los niveles permisibles.

Figura 3. Test de capó donde se muestra contenido de Arsénico



Por el tiempo de consumo (ocho años) de esta agua por parte de los pobladores que se abastecen de este pozo, se puede considerar como una exposición crónica. Exposiciones muy altas de Arsénico inorgánico puede causar infertilidad y abortos en mujeres, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres, causar cáncer de piel, de pulmones, de las vías urinarias y de riñón, al igual que provoca otros cambios en la piel tales como pigmentación y piel gruesa (Welch *et al* 1988., citado por Altamirano 2005).

Aunque hasta la fecha en la comunidad Las Jaguas no se reportan casos de enfermedades relacionadas a la exposición de este elemento tóxico; es necesario que las autoridades del municipio de Ciudad Antigua tomen acciones inmediatas, tales como el cierre definitivo del pozo con el propósito de reducir los riesgos a los consumidores (cinco familias), así como realizar análisis de sangre a las personas que han estado expuesta al Arsénico, principalmente a los niños.

Tabla 6. Resultados de los análisis de laboratorio del pozo del Sr. Alberto Matute, y el valor máximo admisible recomendado por CAPRE.

Análisis	Unidad	Alberto Matute	Valor Máximo admisible
Sodio	mg/l	-	200
Potasio	mg/l	-	10
Calcio	mg/l	55.05	100
Magnesio	mg/l	15.99	50
Carbonatos	mg/l	-	
Bicarbonatos	mg/l	-	
Sulfatos	mg/l	31.45	250
Cloruros	mg/l	-	250
pH	-	6.94	6.5-8.5
Conductividad Eléctrica	µS/cm	505	400
Nitritos	mg/l	< 0.009	0.1
Nitratos	mg/l	1.83	50
Fosfatos	mg/l	0.19	NE
Dureza como carbonato de calcio	mg/l	137.36	NE
Fluoruros	mg/l	-	0.7
Arsénico	mg/l	0.25	0.01
Hierro	mg/l	0.373	0.3
Dureza total		203.2	400
Coliformes toles	UFC/100mL	0	0
Coliformes fecales	UFC/100mL	0	0

Un indicador de la presencia de hierro en el agua es que si el agua se expone al aire, ésta se vuelve turbia e inaceptable estéticamente, debido a la oxidación del hierro soluble. De esta manera puede causar manchas rojizos-cafés en diferentes equipos y utensilios del hogar.

b. Calidad Bacteriológica

En el análisis de laboratorio no se encontraron bacterias coliformes totales ni fecales, igualmente el resultado en los dos primeros test de campo fue negativo; sin embargo, el test realizado en Noviembre dio positivo (ver tabla 7). Este resultado coincide con la época de mayor precipitación en el área, lo cual puede provocar la entrada de materiales contaminados al pozo por medio de la escorrentía sub-superficial.

Tabla 7. Resultados de los análisis de test de campo del pozo del Sr. Alberto Matute y el valor máximo admisible recomendado por CAPRE

Análisis	Muestreo 2011			CAPRE	Observaciones / recomendaciones
	May	Sep	Oct		
Dureza, mg/l	20	20	425	400	Estos resultados demuestran que las aguas presentan contenidos de Arsénico que sobrepasan los niveles permisibles para consumo humano, por lo que se recomienda el cierre del pozo para evitar daños severos a la salud de los consumidores
Alcalinidad, ppm	120	240	240		
pH	7.5	8	7.8	6.5-8.5	
Nitratos		0	0	50	
Nitritos		0	0	0.1	
Fosfato, mg/l		20	40	NE	
Hierro, mg/l		0.15	0.15	0.3	
Amonio, mg/l		0.25	0	0.5	
Arsénico, mg/l		0.1	0.1	0.01	
Coliformes totales	No	No	Si	NO	Es necesario hervir y/o clorar el agua, principalmente en época lluviosa

5.1.4. Pozo del Sr. Gerónimo Matute

Este pozo está ubicado en la propiedad del Sr. Gerónimo Matute, en la comunidad Las Jaguas; no hay letrinas, pero si charcos en los alrededores del pozo. Fue construido de manera artesanal, tiene una profundidad de 7 m; está protegido con brocal, tapa y una caceta. El agua se extrae de manera manual con un balde; actualmente el agua se utiliza para riego, baño y lavar ropa. Los parámetros físico-químicos indican aguas de buena calidad para consumo, no así los bacteriológicos (ver tabla 8).

Tabla 8. Resultados de los test de campo en el pozo del Sr. Gerónimo Matute (abajo).

Análisis	Muestreo			CAPRE	Observaciones / recomendaciones
	May	Sep	Oct		
Dureza, mg/l	100	100	50	400	Estas aguas se encuentran dentro de los niveles permisibles para consumo humano, por lo que atendiendo estos parámetros son aguas de buena calidad; no obstante, se debe de tomar en cuenta la presencia de coliformes
Alcalinidad, ppm	40	80	40		
pH	6.5	6.5	6.8	6.5-8.5	
Nitratos		0	0	50	
Nitritos		0	0	0.1	
Fosfato, mg/l		5	5	NE	
Hierro, mg/l		0.2	0	0.3	
Amonio, mg/l		0.1	0	0.5	
Arsénico, mg/l		0	0	0.01	
Presencia de Coliformes	Si	Si	Si	NO	Proteger con una tapa para evitar entrada de contaminantes. Hervir o clorar el agua, cuando se utilice para consumo.

5.1.5. Pozo 2 del Sr. Gerónimo Matute

Este pozo está ubicado en la propiedad del Sr. Gerónimo Matute en la comunidad Las Jaguas. No hay letrinas y charcos cerca, fue construido de manera artesanal, tiene una profundidad de

18m. Está protegido con brocal y tapa, el agua se extrae con bomba de mecate. Actualmente no se utiliza el agua debido a que esta deshabilitada la bomba. Los parámetros físico-químicos indican aguas de buena calidad para consumo no así los bacteriológicos (ver tabla 9)

Tabla 9. Resultados de los test de campo en el pozo del Sr. Gerónimo Matute (cerca de su casa).

Análisis	Muestreo 2011			CAPRE	Observaciones
	May	Sep	Nov		
Dureza, mg/l	120	250	200	400	Estas aguas se encuentran dentro de los niveles permisibles para consumo humano. Atendiendo estos parámetros son aguas de buena calidad; no obstante, se debe de tomar en cuenta otros características importantes para ser consumida
Alcalinidad, ppm	180	180	150	-	
pH	6.5	6.8	7	6.5-8.5	
Nitratos		1	3	50	
Nitritos		0	0	0.1	
Fosfato, mg/l		10	10	NE	
Hierro, mg/l		0	0	0.3	
Amonio, mg/l		0.07	0.15	0.5	
Arsénico, mg/l		0	0	0.01	
Presencia de Coliformes	No	Si	Si	No	Hervir y/o clorar el agua para eliminar bacterias causantes de enfermedades diarreicas

5.1.6. Pozo Gerson Castellón, comunidad Ramos

Este pozo está ubicado en una propiedad privada; no hay letrinas ni charcos cercanos. Fue construido de manera artesanal, tiene una profundidad de 1.5 m; tiene brocal, pero carece de tapa. El agua se extrae con balde y es utilizada para el consumo humano, abasteciendo a dos familias de la comunidad. Los parámetros físico-químicos indican aguas de buena calidad para consumo, no así los bacteriológicos (ver tabla 10)

Tabla 10. Resultados de los test de campo en el pozo del Sr. Gerson Castellón, Comunidad Ramos.

Análisis	Muestreo				Observaciones
	May	Sep	Nov	CAPRE	
Dureza, mg/l	120	120	120	400	Estas aguas se encuentran dentro de los niveles permisibles para consumo humano. Atendiendo estos parámetros son aguas de buena calidad; no obstante, se debe de tomar en cuenta la calidad bacteriológica
Alcalinidad, ppm	120	90	80		
pH	6.8	6.8	6.8	6.5-8.5	
Nitratos		2	1.5	50	
Nitritos		0	0	0.1	
Fosfato, mg/l		15	5	NE	
Hierro, mg/l		0.2	0	0.3	
Amonio, mg/l		0.3	0.15	0.5	
Arsénico, mg/l		0	0	0.01	
Presencia de Coliformes	Si	Si	Si	NO	Proteger con una tapa para evitar la entrada de materiales ajenos al agua. Se debe hervir o clorar el agua para eliminar bacterias causantes de enfermedades diarreicas.

5.1.7. Pozo comunal, comunidad Las Jaguas

Este pozo está ubicado en el empalme del camino que lleva a las comunidades Ramos y Las Jaguas; no hay letrinas ni charcos cercanos. Tiene una profundidad de 21 m; fue construido de manera artesanal para abastecer de agua a una parte de la población de la comunidad Las Jagua. Está protegido con brocal, tapa y una caceta, el agua se extrae con bomba de mecate. Actualmente casi no se utiliza, pero el análisis de los parámetros físico-químicos indican una calidad del agua es apta para consumo una vez clorada o hervida, debido a la presencia de coliformes (ver tabla 11).

Tabla 11. Resultados de los test de campo en el pozo Comunal Las Jaguas

Análisis	Muestreo			CAPRE	Observaciones / recomendaciones
	May	Oct	Nov		
Dureza, mg/l	120	250	200	400	Atendiendo estos parámetros son aguas de buena calidad para consumo humano; no obstante, se debe de tomar en cuenta el resultado bacteriológico.
Alcalinidad, ppm	180	180	150		
pH	6.5	6.8	7	6.5-6.8	
Nitratos		1	3	50	
Nitritos		0	0	0.1	
Fosfato, mg/l		10	10	NE	
Hierro, mg/l		0	0	0.3	
Amonio, mg/l		0.07	0.15	0.5	
Arsénico, mg/l		0	0	0.01	
Presencia de Coliformes	No	Si	Si	No	Se recomienda hervir o clorar el agua para consumo humano, con el propósito de eliminar las bacterias causantes de enfermedades diarreicas.

5.1.8. Pozo de Urcino Cruz, comunidad Las Jaguas.

Se usa el agua para riego, baño y para consumo humano, la familia que está alejada del pozo comunal; tiene brocal pero no tiene tapa lo que permite la entrada de contaminantes desde el medio exterior. El agua presentó temperaturas de 22 °C (el rango permisible va de 18 a 30 °C); el resto de parámetros físico-químicos indican aguas de buena calidad para consumo no así los bacteriológicos (ver tabla 12), por lo que es necesaria su protección para evitar la contaminación.

Tabla 12. Resultados de los test de campo en el pozo del Sr. Urcino Cruz, comunidad Las Jaguas.

Análisis	Oct 2011	CAPRE	Observaciones/recomendaciones
Dureza, mg/l	120	400	Atendiendo a estos resultados son aguas de buena calidad; no obstante, también se debe de tomar en el parámetro bacteriológico.
Alcalinidad, ppm	120		
pH	6.4	6.5-8.5	
Nitratos	1	50	
Nitritos	0	0.1	
Fosfato, mg/l	0	NE	
Hierro, mg/l	10	0.3	
Amonio, mg/l	0	0.5	
Arsénico, mg/l	0	0.01	
Coliformes totales	Si	No	Limpia la fuente continuamente. Hervir o clorar el agua para consumo, con el propósito de eliminar bacterias causantes de enfermedades diarreicas.

5.2. Aguas superficiales

5.2.1. Caudales

El caudal de la quebrada Las Jaguas se midió en dos momentos Septiembre y Noviembre del 2011; en los tramos donde se hicieron estas mediciones se mantuvo un flujo continuo del agua y no se observó aguas estancadas. En el muestreo realizado en Noviembre se registró un descenso del caudal (ver tabla 13), esto como consecuencia de finalizarse el período lluvioso. Los resultados obtenidos demuestran que el agua que fluye en el canal es la que escurre por flujo subsuperficial, el cual permite un pequeño caudal circulante.

Tabla 13. Caudales en m³/s y L/s en los dos sitios de muestreo de la quebrada Las Jaguas

Muestreo	23-Sep		09-Nov	
	Q m ³ /s	L/s	Q m ³ /s	L/s
Parte Alta	0.03	30	0.004	4
Parte Baja	0.01	10	0.01	10

Los bajos valores de caudal circulante se pueden atribuir a que la mayor parte de la precipitación caída en la micro cuenca se pierde por escorrentía superficial, debido a que en las áreas agrícolas aledañas prevalecen los cultivos limpios y las áreas de bosque están muy intervenidas, reduciéndose la infiltración y la recarga hídrica de los acuíferos de la micro cuenca; esto hace que en época seca la disponibilidad de agua superficial es nula en algunos sitio del río (Marzo-Abril).

5.2.2. Calidad del agua superficial

5.2.2.1. Temperatura

Los resultados de temperatura del agua obtenidos durante el muestreo, indican que ésta presenta condiciones para el soporte de la vida acuática, ya que se encuentra entre 23 y 24 °C; las normas CAPRE recomiendan que la temperatura del agua debe estar entre los 18 y 30 °C,

para ser consideradas aguas de buena calidad. Por tanto, atendiendo este parámetro se puede decir que el agua es de buena calidad para una diversidad de usos.

5.2.2.2. pH del agua

Los valores de pH obtenidos en el mes de Noviembre, de 7.61 y 7.13 para la parte alta y baja respectivamente, están en el rango considerado normal para aguas naturales (6.5 a 8.5). Por tanto, según este parámetro, sus propiedades son excelentes para consumo humano, riego y recreación; asimismo, el agua no presentan restricciones para el desarrollo de la vida biológica y la naturaleza química de la misma.

5.2.2.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno

Los valores encontrados de la DBO indican aguas de calidad excelente (ver tabla 15); en los dos muestreos realizados, la parte alta presenta mayor DBO que la parte baja (ver tabla 14), indicando la presencia de contaminantes orgánicos, lo cual puede estar relacionado a los residuos contaminantes, generados por la mayor concentración de población en áreas aledañas al sitio de muestreo.

Al aumentar la carga de contaminantes orgánicos en el agua, la demanda de oxígeno de parte de los microorganismos para degradar esa materia, es mayor. Además, en los sitios de muestreo se pudo observar signos de eutrofización del agua, relacionada con la mayor concentración de nutrientes y materia orgánica.

Tabla 14. Valores de la DBO y DQO en ambos sitios de muestreo

Sitio	DBO, mg/l	DQO, mg/l	DBO, mg/l	DQO, mg/l
	Sep-11		Nov-11	
Parte Alta	1.61	9.21	0.6	15.72
Parte Baja	0.80	3.17	0.2	6.28

Tabla 15. Clasificación de la calidad del agua atendiendo a los contenidos de DBO

Criterio mg/l	Clasificación	Color
DBO = 3	Excelente: No contaminada	Azul
3 < DBO = 6	Buena calidad: Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	Verde
6 < DBO = 30	Aceptable: Con indicios de contaminación, aguas superficiales con capacidad de autodepuración, o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Amarilla
30 < DBO = 120	Contaminada: Aguas superficiales, con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	Naranja
DBO > 120	Fuertemente contaminadas: Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	Rojo

Fuente: Subdirección Técnica de CONAGUA México (2007); citado por Mejía y Nava (2007)

Los valores obtenidos de la DQO en ambos sitios en el primer muestreo, indican aguas de calidad excelente, aguas no contaminadas (ver tabla 16); no obstante, en la parte alta es mayor que en la parte baja, que refleja presencia de materia orgánica que no puede ser degradada biológicamente, pero si químicamente. Mientras que, en el segundo muestreo el valor de la DQO alcanzó 15.72 mg/l, clasificándose como aguas superficiales de buena calidad, con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.

Tabla 16. Clasificación de la calidad del agua atendiendo a los contenidos de DQO

Criterio mg/l	Clasificación	Color
DQO = 10	Excelente: No contaminadas	Azul
10 < DQO = 20	Buena calidad: Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable	Verde
20 < DQO = 40	Aceptable: Con indicios de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de auto depuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Amarilla
40 < DQO = 200	Contaminada: Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	Naranja
DQO > 200	Fuertemente contaminadas: Aguas superficiales con fuerte impacto de descarga de aguas residuales crudas municipales y no municipales	Rojo

Fuente: Subdirección Técnica de CONAGUA México (2007); citado por Mejía y Nava (2007)

5.2.3. Calidad Bacteriológica

Las bacterias coliformes constituyen la base del método indirecto, usado normalmente para determinar si en la fuente de agua se encuentran agentes patógenos infecciosos para el ser humano. Su aparición en el agua indica una descarga de materiales fecales en la misma.

En ambos sitios de muestreo se encontraron bacterias del grupo coliforme, lo cual representa una limitante para su uso en actividades humanas (consumo y uso doméstico). La presencia de coliformes totales puede deberse a la heces fecales provenientes de animales, tales como perros, cerdos, aves de corral y ganado presentes en las partes aledañas a la rivera de la quebrada, además del libre acceso del ganado que lo utilizan como abrevadero; Chará (2003), menciona que en estudios realizados en micro cuencas de zonas ganaderas del trópico Colombiano, se registraron niveles mayores a 40,000 NMP/100ml de coliformes totales. Además de la ganadería, también puede ser influenciado por la descomposición del material vegetal que podría brindarle las condiciones favorables para el desarrollo de organismos patógenos, en conjunto con la presencia de material fecal proveniente de la defecación al aire libre y la presencia de letrinas a la orilla de los ríos.

El grupo de coliformes totales incluye la mayoría de las especies de los géneros Citrobacter, Enterocabter, Websiella y Escheridia coli. Aunque todos los géneros de los coliformes pueden encontrarse en el intestino de los animales, la mayoría de estas bacterias están muy diseminadas en el medio ambiente, incluyendo el agua. Una excepción importante es el *E. coli*, que usualmente no sobrevive mucho tiempo fuera del intestino (Perry *et al.*, 2002). Basado en lo anterior se puede decir que en el análisis realizado no hay presencia de *E. coli*, por la corta vida fuera del intestino, y que las aguas no reciben descargas directas de material fecal.

No obstante, es importante evitar el contacto directo con esta agua, ya que puede provocar enfermedades tales como la fiebre tifoidea, la disentería, el cólera y probablemente ciertos tipos de desórdenes gastrointestinales. Debido a que estas enfermedades son intestinales, las bacteria de origen fecal son de primordial importancia en los exámenes del agua.

5.2.4. Calidad Biológica (índice BMWP)

El uso de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua ha sido ampliamente utilizado en los últimos años. Para ello se ha utilizado el índice BMWP, el cual obtiene un valor en base a la tolerancia de los distintos organismos presentes en el agua. Sus bondades se basan en que a diferencia del análisis físico químico, la presencia de estos organismos puede indicar evidencia de contaminación en el tiempo, debido al mayor tiempo de vida de los organismos utilizados como indicadores.

Los resultados obtenidos en el muestreo realizado en Septiembre de 2011, reflejan valores del índice BMWP, de 88 en la parte alta y 95 parte baja, así como el ASTP con una puntuación de 7.3 en ambos sitios de muestreo (ver tabla 17), lo cual permite clasificar las aguas en la clase II (ver tabla 18), definida como aguas de calidad aceptable, que han sido ligeramente contaminadas.

Tabla 17. Puntaje del índice **BMWP** en Septiembre 2011, en dos sitios de muestreo en la microcuenca Las Jaguas

Familia	Nombre común	NºI, PA	NºI, PB	BMWP-PA	BMWP-PB
Coenagrionidae	Libélula 1	6	7	7	9
Calopterygidea	Libélula delgada	10	9	8	8
Gomphidae	Libélula remo	14	3	9	9
Libellulidae	Libélula	6	4	6	6
Hidropsychidae	Gusano segmentado	10	3	8	8
Baetidae	Falso camarón	14	16	8	8
Tricorytidae	Grillo de agua	7	16	7	7
Corixidae	Chinche de agua	3	1	7	7
Belostomatidae	Chinche de agua	2	2	6	6
Simuliidae	Mosca negra		3		9
Chironomidae	Gusano lechoso segmentado		2		2
Pseudotelpusidae	Cangrejo		1		8
Veliidae	Chinche acuático pata larga		2		8
Corydalidae	Gusano cuerpo aplanado	2		6	
Scirtidae	Cucaracha antena larga	2		9	
Leptophlebiidae	Grillo de agua	6		7	
BMWP				88	95
ASTP				7.3	7.3

NºI, PA: Número de Individuos en la Parte Alta. NºI, PB: Número de Individuos en la Parte Baja. BMWP-PA: Índice BMWP en la Parte Alta. BMWP-PB: Índice BMWP en la Parte Baja.

El 92 % de las especies de macroinvertebrados encontrados están en una puntuación entre 6 (*Belostomatidae*, ver figura 4) y 9 (*Coenagrionidae*, ver figura 5). Únicamente se encontró una familia por debajo de seis puntos en la parte baja de la micro cuenca, la cual fue *Chironomidae*, de puntuación 2 tolerante a la contaminación (ver figura 6).



Figura 4. Familia *Belostomatidae*



Figura 5. Familia *Coenagrionidae*



Figura 6. Familia *Chironomidae*

Tabla 18. Puntaje del índice **BMWP** Noviembre 2011, en los dos sitios de muestreo en la micro cuenca Las Jaguas.

Familia	N. Común	NºI, PA2	NI, PB2	BMWP-PA2	BMWP-PB2
Corydalidae	Gusano cuerpo aplanado	4	1	6	6
Belostomatidae	Chinche de agua	3	4	6	6
Hydropsychidae	Gusano segmentado	11	10	8	8
Ceratopogonidae	----	2		9	
Straphilinidae	Mosca de flores	1		7	
Hydrophilidae	Cucaracha antena larga	1		4	
Dytiscidae	Cucaracha de agua	1		8	
Elmidae	Escarabajo rifle	2		7	
Coenagrionidae	Gusano de 3 cola	2	2	9	9
Calopterygidae	Libélula delgada	3	2	8	8
Gomphidae	Libélula remo	3	3	9	9
Baetidae	Falso camarón	6	8	8	8
Tricorythidae	Grillo de agua		32		7
Libellulidae	Libélula aplanada		1		6
Tricorythidae	Grillo de agua	2	25	7	7
Simuliidae	Gusano segmentado cilíndrico	14		9	
Planariidae	Planaria	5	3	6	6
BMWP				111	80
ASTP				7.4	7.3

NºI, PA2: Número de Individuos en la Parte Alta 2. NºI. PB2: Número de Individuos en la Parte Baja 2. BMWP-PA: Índice BMWP en la Parte Alta 2. BMWP-PB: Índice BMWP en la Parte Baja 2.

Tabla 19. Clasificación de la calidad del agua en base al índice BMWP/Col y el ASPT

Clase	calidad	BMWP/Col	ASPT	Significado	Color
I	Buena	> 150 101 - 120	9 - 10	Aguas limpias. Aguas no contaminadas o poco alteradas	Azul
II	Aceptable	61 - 100	7 - 9	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36 - 60	5 - 7	Aguas moderadamente contaminadas	Amarilla
IV	Crítica	16 - 35	3 - 5	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Crítica	< 15	0 - 3	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Armitage *et al*, 1992



VI. ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN

Atendiendo los resultados de la evaluación de la calidad de agua de pozos y aguas superficiales de la micro cuenca Las Jaguas, se proponen estrategias de intervención dirigidas a superar problemas que pueden afectar la salud de los habitantes, así como asegurar la disponibilidad de agua en la apoca seca, es decir, dichas estrategias llevan el enfoque de calidad y disponibilidad de este recurso (ver tabla 19).

Tabla 19. Estrategias y líneas de acción en los recursos hídricos en la micro cuenca Las Jaguas.

Estrategias	Alternativas y líneas de acción
Infraestructura de pozos y su protección	Rehabilitación y mantenimiento de brocales, tapas de pozos Construcción de pozos y habilitación con bombas de mecate (en lugares donde se abastecen de manantiales)
Educación ambiental	Capacitar a pobladores sobre el uso y manejo del agua para consumo Técnicas de saneamiento del agua (cloración, hervir, purificación solar) Manejo de residuos utilizados en la agricultura, principalmente los embases de agroquímicos Construcción de sumideros unifamiliares para aguas residuales
Cosecha de agua	Implementar pequeños sistemas unifamiliares de almacenamiento de agua de lluvia, para abastecer el consumo diario
Asegurar la calidad del agua desde el área de captación	Implementar prácticas de conservación de suelos en laderas Manejo reforestación con especies nativas en los alrededores de los pozos Implementación de Sistemas Agroforestales Reforestación en fincas principalmente las áreas ubicadas en las partes altas de la micro cuenca, para aumentar la infiltración de agua y la recarga hídrica.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Armitage, P.D. y G.E. Petts. 1992. Biotic score and prediction to assess the effects of water abstractions on river macroinvertebrates for conservation purposes. *Aquatic Conserv. Marine and Freshw. Ecosyst.*

Altamirano M, 2005. Distribución de la contaminación natural por Arsénico en las aguas subterráneas de la subcuenca suroeste del valle de Sébaco, Matagalpa. UNAN-Managua. Tesis de Maestría. Nicaragua

Campos, I. 2000. Saneamiento Ambiental. 1ra Edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.

CAPRE. (Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centro América Panamá y República Dominicana). 1994. "Normas de calidad del agua para consumo humano". 1ra Edición revisada. San José, Costa Rica.

CEPIS-OPS. 2000. Evaluación de los servicios de agua y saneamiento en las Américas. Informe Analítico Nicaragua. Disponible en el sitio Web: www.cepis-ops.org. Consultado el 08 de Noviembre de 2011.

Chará, J. 2003. Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en micro cuencas ganaderas. 1ra Edición. Colombia.

Custodio, E. & Llamas, R., 2001. Hidrología subterránea. Segunda Edición, Tomo I y II. Edición omega, S, A. Barcelona, España.

Figueroa y Guzmán. 2010. Química. Firms Press. USA. P 195.

Mejía, E, y Nava, C. 2007. Información sobre calidad del agua. Comisión Nacional del Agua/Subdirección General Técnica/Gerencia de Calidad del Agua. México.

MINSA. 2003. Perfil de país: Nicaragua. Disponible en el sitio Web: www.ops.org. Consultado el 27 de Octubre de 2011

OPS. 1987. Guías para la calidad del agua potable. Vol. 2. Criterios relativos a la salud y otra información de base. Publicación científica No.506. Washington. D.C.

Roldan, G. 1998. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Editorial Presencia. Medellín, Colombia.

Romero, J. 2001. Calidad del agua. 2^{da} Edición. Colombia.

USEPA. 1994. Water Quality criteria Sumary Concentration. U.S. Enviromental Protection Agency. Office of Science and Technology. Estados Unidos.

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.2. Objetivo General	2
2.3. Objetivos Específicos	2
III. CONCEPTOS BASICOS	2
3.1. Composición del agua subterránea	2
3.2. Parámetros Físico-Químicos	2
3.3. Parámetros Bacteriológicos	5
3.4. Parámetros Biológicos	6
IV. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	7
4.1. El área de estudio.	7
4.2. Selección de los sitios de muestreo	8
4.3. Parámetros monitoreados en agua de pozos	8
4.4. Parámetros monitoreados en aguas superficiales	9
V. RESULTADOS	10
5.1. Calidad del agua de pozos	10
5.2. Aguas superficiales	19
VI. ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN	25
VII. BIBLIOGRAFÍA	26