



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
INGENIERIA GEOLÓGICA**

Seminario de Graduación para optar al título de Ingeniero Geólogo

**“Estudio Físico-Químico y Bacteriológico de las aguas superficiales de la
microcuenca río Siuna-RACCN”.**

Elaborado por:

Br. Lidamaris Urrutia Hernández.

Tutor: Msc. Gema Velásquez.

Asesor: Msc. Xochitl Zambrana.

Managua, Enero del 2019

Dedicatoria

A Dios, por ser el camino, la verdad y la vida, por darme la fuerza la comprensión y la vida para poder llegar a culminar una de mis más preciadas metas.

A mis padres, Adrián Urrutia por la colaboración de sus conocimientos y apoyo incondicional para poder realizar un buen trabajo de tesis dándome palabras de aliento su amor y comprensión. A mi amada madre **Reyna Hernández** por darme la vida, su amor y el apoyo incondicional siempre.

A mi pequeña familia mi esposo Ernesto Martínez por siempre apoyarme y darme ánimos para seguir adelante con mis metas y a mi pequeña hija Isabella Martínez por ser lo mejor de mi vida y el motivo de superación.

A mis familiares cercanos y amistades por todo su apoyo y palabras de aliento para culminar mi carrera.

Agradecimiento

Primeramente, a **Dios** por darme la vida, la sabiduría, comprensión, paciencia y miles de bendiciones para poder llegar a una de mis grandes metas en la vida.

Mis padres, Adrián Urrutia y Reyna Hernández por darme la oportunidad de tener una buena educación y apoyarme incondicionalmente siempre con mucho amor, por sus consejos y palabras de aliento que me han ayudado a crecer como persona, gracias por enseñarme los valores que me han llevado alcanzar una gran meta. Los amo mucho.

Mi esposo, Ernesto Martínez por siempre apoyarme en mis decisiones y estar conmigo en todo momento y siempre darme palabras de aliento.

A MSc. Gema Velásquez, por compartir sus conocimientos durante el tiempo de estudio de la carrera y por su incondicional colaboración y aporte como tutora durante el desarrollo de este trabajo.

A MSc. Xochitl Zambrana, por su colaboración y asesoramiento para el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A la empresa CXB Calibre Mining Corp. S.A, por su gran colaboración tanto en estudios, como los resultados finales, para poder elaborar este trabajo de investigación, gracias por su apoyo.

A Ing. Ánglica Calderón y Lic. Biancy Cantarero, por su gran aporte y ayuda incondicional en el trabajo de investigación.

Al jurado calificador: MSc. Lener Sequeira, Ing. Gisell Bellowín y al MSc Roger Jaime, por su aporte a la mejora del documento de investigación.

Tabla de Contenido

CAPITULO I. Introducción.....	1
1.1.Objetivos.....	3
1.2.Antecedentes.....	4
1.3.Planteamiento del problema.....	6
1.4.Justificación.....	7
1.5.Área de Ubicación.....	8
1.6.Generalidades del Área.....	8
Capitulo II. Metodología.....	17
2.1. Etapa de gabinete.....	18
2.2. Etapa de campo.....	20
2.3. Captación de tomas de muestras de agua.....	21
Capítulo III. Geología Regional de la Costa Atlántica.....	28
Capitulo IV. Análisis y discusión de los resultados.....	30
4.1. Geología Local.....	30
4.2.Geología estructural.....	41
4.3.Geomorfología.....	52
4.4.Método empleado para aforar.....	55
4.5.Análisis Físico-químico.....	58
4.6. Análisis Bacteriológicos.....	70
4.7.Plan de acción para mitigar la contaminación del recurso hídrico de la microcuenca del río Siuna.....	71
4.8.Propuestas de mitigación a la contaminación del agua.....	73
Capitulo V. Conclusiones.....	74
VI. Recomendaciones.....	75
Capítulo VII. Bibliografía.....	76
Capitulo VIII. Anexos.....	78

Resumen.

Este trabajo de investigación se basa en el análisis fisicoquímico y bacteriológico de las aguas superficiales de la microcuenca del río Siuna, corresponde a la hoja topográfica de Coperna 3257-II a escala 1:50,000 del municipio de Siuna. El área de estudio cubre aproximadamente 8 km², la cual está dentro de la provincia de los llanos de la Costa Atlántica.

El objetivo principal de investigación es elaborar un análisis fisicoquímico y bacteriológico con el fin de determinar la calidad de agua superficial de la microcuenca del río Siuna-RACCN y proponer un plan de acción para mitigar la contaminación del recurso hídrico de la microcuenca y sus afluentes, involucrando en este objetivo a la población afectada. Este trabajo incluye la caracterización litológica, geomorfológica y estructural del área con cuyos datos se ha elaborado un mapa que incluye las diferentes unidades litológicas que se encuentran en el área de estudio.

Al analizar los datos obtenidos se definió que la microcuenca del río Siuna está compuesta por 6 unidades litológicas. (1) Rocas sedimentarias: Calizas, limolitas, brecha arenosa, cuarcita y conglomerado; (2) serpentinitas, (3) andesitas, (4) dioritas, (5) granodiorita y (6) sedimentos aluvionales. Geomorfológicamente la microcuenca del río Siuna está definida por dos unidades: (I) Planicie fluvial intermedia y (II) la Planicie volcánica intermedia transición – colinas, del Terciario con altura desde 100 a 700 msnm. A través de interpretación de campo se pudo definir tres fases de fallamiento NW-SE, NE-SW y NS del Terciario al Cuaternario, donde las fallas coinciden con parte de la red hídrica y en otros casos son zonas donde probablemente se asocian y hospedan las zonas mineralizadas.

Según los resultados obtenidos de cada uno de los sitios de muestreo de agua se logró determinar con certeza que existe contaminación en el río Siuna, la mayor afectación se debe a la actividad antrópica que incluye minería artesanal, deposición de desechos sólidos y líquidos de uso doméstico (aguas servidas, detergentes, jabón, químicos de limpieza) y en menor grado uso de agroquímicos.

CAPITULO I. Introducción.

El análisis fisicoquímico y bacteriológico realizado en las aguas superficiales de la microcuenca del río Siuna, ubicado en la provincia de los llanos de la Costa Atlántica; se hizo con el fin de determinar la calidad de agua del río Siuna y dar a conocer los resultados obtenidos a las instituciones municipales correspondiente. En gran medida la calidad del agua de los llanos de la costa Atlántica está siendo afectada a causa de grandes cantidades de nutrientes y materia inorgánica, todo esto como resultado de las actividades antrópicas (FUNICA, 2009).

El área de estudio no posee información en lo que se refiere a la calidad del agua del río Siuna y sus afluentes, por lo cual fue necesario un muestreo de agua para el análisis físico-químico y bacteriológico de este sitio, debido a que esa información se utilizará como referencia para que organismos nacionales e internacionales, empresas privadas puedan ejecutar planes de control y mitigación de la contaminación, e igual servirá como base de apoyo para futuras investigaciones.

Para llevar a cabo esta investigación, el trabajo se dividió en 4 etapas: Etapa de gabinete, trabajo de campo, captación de muestras de agua y por último el procesamiento e interpretación de los datos obtenidos en campo y resultados del análisis de laboratorio tanto para parámetros físico-químico y bacteriológico de cada una de las muestras tomadas sobre la microcuenca del río Siuna.

En el área de estudio se encuentran tres fases de fallamiento la primera NW-SE, la segunda NE-SW y N-S las mismas se componen de fallas comprobadas de tipo normal, diaclasas y estructuras laminares, que pueden observarse en el área del cerro Potosí, cerro el Guergüero y cerro Aeropuerto. Su litología se compone principalmente de rocas sedimentarias como: Calizas, limolitas, conglomerados, sedimentos aluvionales y rocas volcánicas: andesitas, diorita, granodiorita, granito y serpentinita.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de cada uno de los sitios de captación de las muestras de agua, se observan cantidades considerables de contaminación a causa

de las actividades antrópicas que incluyen, minería artesanal, deposición de desechos sólidos y líquidos de uso doméstico (aguas servidas, detergentes, jabón, químicos de limpieza) y en menor grado el uso de agroquímicos y desechos de hidrocarburo según empresa minera Calibre Mining Corp. S.A.

Así como las condiciones Físico-Químicas y metalogénicas propias de la zona de acuerdo a los minerales presentes en las rocas de la zona, se realizó un plan de acción para mitigar la contaminación en el área de estudio, donde se pretende trabajar con las autoridades municipales e involucrar a la población afectada, a la cual se les informará sobre el estudio realizado.

1.1. Objetivos.

Objetivo General:

- Realizar un análisis fisicoquímico y bacteriológico con el propósito de determinar la calidad del agua de la microcuenca del río Siuna-RACCN.

Objetivos específicos:

- Caracterizar la litología local, geomorfológica y estructural de la microcuenca del río Siuna.
- Determinar la calidad bacteriológica del agua para identificar niveles de contaminación antrópica.
- Determinar la calidad fisicoquímica del agua de la microcuenca del río Siuna.
- Proponer un plan de acción para mitigar la contaminación del recurso hídrico de la microcuenca del río Siuna.

1.2. Antecedentes.

- **Alcaldía de Siuna, 2005**, realizó propuesta de mejoramiento del agua potable en los pozos de abastecimiento del municipio de Siuna. Con el fin de dar un mejor servicio a la población y mejorar la calidad del agua de cada uno de los abastecedores del municipio.
- **Alcaldías de la Región Autónoma Costa Caribe Norte (RACCN) y Región Autónoma Costa Caribe Sur (RACCS), 2007**, realizaron un estudio de agua y saneamiento de la Región Autónoma Costa Caribe Norte. Elaboró un plan estratégico de forma investigativa, para poder proponer una solución al mejoramiento de las aguas de los pozos abastecedores de las comunidades de la RACCN utilizando métodos físico- químicos y bacteriológico, este método fue aplicado en cada uno de los pozos.
- **Bianca Castillo Treminio, 2016 – 2018**, elaboró una Caracterización Geológica de las Comunidades: La Fuente, Tecuaname, Papalonal, Cuatro Palos y Los Portillos, ubicadas al sureste del Municipio de la Paz Centro, Departamento de León.
- Por otra parte, **Calibre Mining Corp., Nicaragua, S.A. (CXB). Junio 2011**, realizó estudio de impacto ambiental en el municipio de Siuna. El objetivo fue identificar los principales impactos ambientales que el proyecto de exploración geológica Siuna podría causar, las variantes ambientales y sociales en el área de incidencia del proyecto. Este estudio contempla el análisis de la calidad de aguas superficiales
- **Elvis y Agueda, 2013**, elaboraron un trabajo de tesis enfocado en la evaluación de la calidad del agua mediante método bacteriológico del río Uli y el salto el Rosario en el municipio de Siuna. En este trabajo se aplicó el método bacteriológico con el fin de determinar sustancias tóxicas y bacterias coliformes para buscar una solución en caso de resultados alterados en las aguas de los dos pozos.
- **Funica, 2009**, llevo a cabo una caracterización socio económica de la Región Autónoma Costa Caribe Norte y estudio de agua y saneamiento en el río Uli. La caracterización se enfoca en las afectaciones de las formas de vida de las comunidades afectadas y los esfuerzos de recuperación. De igual manera, se centra en los daños físicos y monetarios de los sistemas productivos, económicos y ambientales en la calidad de agua de las comunidades indígenas afectadas.

- **INIDE, 2005**, elaboró un trabajo de Caracterización Socio demográfica de la Región Autónoma Atlántico Norte (R.A.A.N.) enfocado en el abastecimiento y la calidad de agua potable que abastece a la población de la región para buscar un plan estratégico de mejoras del agua para mitigar problemas de salud como infecciones intestinales y bacteriológicas.
- **Jonathan Martín Herrera Merlo, 2016-2018**, realizó Validación y estimación de incertidumbre de un método analítico para determinar hierro total y hierro total disuelto por el método colorimétrico de la fenantrolina en muestras de aguas naturales.
- **Josseth Díaz y Mariano José Guerrero Sáenz, 2016**, elaboraron un estudio enfocado en la degradación microbiana de residuos de plaguicidas en dispositivos de biorremediación de tipo cama biológica.
- **Revista ANA, 2014**, realizaron el primer plan de gestión integrada de recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), implementando la metodología para la conformación de los comités de cuencas.

1.3. Planteamiento del problema.

La principal causa de contaminación de los cuerpos de agua de la Costa Atlántica (RACCN), es debido a la cantidad de nutrientes y materias inorgánicas como: plástico, hidrocarburos, agroquímicos entre otros que son vertidos en ellos, como resultado de las diferentes actividades antropogénicas. El exceso de nutrientes en el agua como eutrofización que genera un deterioro del recurso hídrico, en general de los sistemas acuáticos debido a la afectación físico química del agua (FUNICA 2009).

La alteración de la calidad de las aguas del río Siuna se debe principalmente al crecimiento desordenado de la ciudad y el asentamiento en zonas periféricas al río, en donde los pobladores depositan grandes cantidades de desechos inorgánicos y bacteriológicos sobre la microcuenca, afectándose a ellos mismos, ya que utilizan el agua para consumo humano, empleando en la mayoría de los casos dos gotitas de cloro por cada 5 galones de agua como medida para purificar el agua (MINSA, 2015), es por tal razón que surge la necesidad de realizar un estudio fisicoquímico y bacteriológico para determinar la calidad del agua del río Siuna, por tanto, al analizar los resultados se deben contrastar con las Normas CAPRE.

1.4. Justificación.

El agua es importante para todo ser vivo, por ello su calidad es un tema que preocupa cada vez más en países de todo el mundo por motivos de salud en la población, el desarrollo económico y la calidad ambiental del ecosistema. Una mala calidad del agua puede deberse a causas naturales como la geología del terreno o causas artificiales como la contaminación antrópica.

La microcuenca del río Siuna es afectada por razones antrópicas debido principalmente al manejo inadecuado de los recursos naturales, en donde la actividad de minería artesanal deposita cantidades de productos químicos como: cianuro de potasio y mercurio (INMINE, 1990) y la población en general deposita todos sus desechos directamente en el río Siuna, generando grandes pérdidas de especies acuáticas y daños a la salud de los habitantes que se abastecen de agua, causándoles diarreas agudas e infección intestinal (MINSAL, 2015).

Por lo tanto, es preciso buscar una solución a dicha problemática, implementando planes de acción que contribuyan al mejoramiento del recurso hídrico y la salud de la población. Sin embargo, el impacto antrópico, la falta de gestión de proyectos de mejoras de la calidad del agua y tratamientos adecuados de los residuos ha provocado que la microcuenca experimente alteraciones fisicoquímicas y bacteriológicas en sus aguas.

1.5. Área de Ubicación.

El Municipio de Siuna se encuentra ubicado en la parte SW de la Región Autónoma del Atlántico Norte, geográficamente es el más alejado de la Cabecera Regional ubicado a 220 Km del Municipio de Puerto Cabezas, sede regional y a 320 Km de la Capital de Managua por vía terrestre, se encuentra localizado entre las coordenadas 740052E; 1519610N y 780536E; 1540980N.

El sitio de estudio comprende un área de 8 km². Se encuentra ubicado en la parte E del área urbana de la ciudad de Siuna, limita al N: con la comunidad del Uno, S: comunidad de San Pablo (La Gasolina), E: Cerro Güergüero y el W: Cerro Aeropuerto y Cerro Potosí **(Figura 1)**.

a) Vías de acceso.

Para acceder al área de estudio se puede viajar por vía terrestre y vía aérea, desde la capital de Managua hacia el municipio de Siuna. Por vía aérea se realiza un viaje de 45 minutos en avioneta y por vía terrestres un viaje de 8 a 9 horas en bus u otro tipo de vehículo, luego se puede llegar a los sitios donde se realizaron las muestras de agua en camioneta de doble tracción hasta cierta parte de la comunidad y posteriormente a pie, ya que la microcuenca y sus afluentes se encuentra rodeada por ciertas zonas boscosas que dificultan el acceso de vehículos. También se puede acceder al municipio de Siuna por vía de Managua-Waslala pasando por el departamento de Matagalpa y por vía Matagalpa hacia Río Blanco por vía terrestre **(Figura 2)**.

1.6. Generalidades del Área.

- **Municipio Siuna**

Desde finales del siglo pasado se despertó el interés por la explotación de los metales preciosos en Siuna. El municipio nace con el descubrimiento de los depósitos minerales, cuando fue puesta en marcha la explotación a pequeña escala de la minería. En 1908 empieza el auge industrial del oro y la plata mediante el establecimiento de empresas extranjeras que se dedicaron a la explotación de metales preciosos. Es así como surge y empieza a estructurarse y desarrollarse el municipio de Siuna (INIDE, 2005).

Posee una extensión territorial de 5,039 km², lo que corresponde al 18.7 % del territorio Atlántico y al 4.7% del territorio nacional. La densidad poblacional es de 14 habitantes por Km². Se encuentra a una altura promedio de 200 msnm. Actualmente tiende a una población de 88,575 habitantes según proyecciones poblacionales de INIDE. La población urbana corresponde solamente al 15% de la población y la población rural es del 85%. El municipio está conformado por un total de 204 comunidades y 20 barrios en el área urbana. La población en este municipio es mayoritariamente joven, el 53 % son menores de 15 años, con respecto al sexo el 49% son hombres y el 51% son mujeres. Con relación a los niveles de pobreza, se estima que el 76.5% de la población es pobre y el 41.2% viven en condiciones de extrema pobreza (Alcaldía Siuna, 2016).

- **Suministro de Aguas en Siuna.**

Con relación al abastecimiento de agua aproximadamente el 60% de la población urbana de Siuna cuenta con un servicio de agua no potable, el 40% restante se abastece con agua a través de pozos domiciliarios que carecen de mantenimiento e higiene. En general, todas las fuentes de abastecimiento de agua están contaminadas por coliformes fecales, excretas de animales y por sustancias tóxicas. No se hacen controles de calidad, las presas están contaminadas por la escorrentía que cae en las mismas y la falta de hábitos higiénicos de la población. El municipio cuenta con una pila con una capacidad de 20,000 litros de agua ubicada en el barrio Pedro Joaquín Chamorro sector # 1 (Rojas A., 2013), de la cual se abastece por gravedad a parte de la población.

- **La contaminación del agua.**

El agua es un recurso natural escaso, indispensable para la vida humana y el sostenimiento del medio ambiente, que, como consecuencia del rápido desarrollo humano y económico y del uso inadecuado se ha hecho de ella un alarmante deterioro. Durante décadas, toneladas de sustancias biológicamente activas, sintetizadas para su uso en la agricultura, la industria, la medicina, etc., han sido vertidas al medio ambiente sin reparar en las posibles consecuencias. Al problema de la contaminación, que comenzó a hacerse

notable ya a principios del siglo XIX, cabe añadir el problema de la escasez, aspecto que está adquiriendo proporciones alarmantes a causa del cambio climático y la creciente desertización por la que está pasando el planeta.

El agua es una necesidad humana básica; sin embargo, el acceso a ella continúa siendo una gran dificultad para muchas comunidades de países en desarrollo. La contaminación de agua por organismos patógenos constituye todavía una fuente de enfermedades importante en estos países, un gran número de poblaciones se enfrenta, además, con una contaminación química creciente proveniente del uso de agroquímicos, actividades como la minería artesanal y fuentes domésticas (Rojas A., 2013).

- **El agua puede experimentar diferentes tipos de contaminación entre las cuales tenemos:**

1. Contaminación Química: una gran variedad de productos químicos, como metales, disolventes, pesticidas, herbicidas, productos industriales, detergentes, aceites y combustible se pueden acumular en el agua.
2. Contaminación Microbiológica: gran cantidad de microorganismo patógeno (bacterias, virus y protozoos) pueden contaminar el agua. Algunas enfermedades como el cólera y la malaria tienen su origen en el agua.
3. Contaminantes que consumen oxígeno: exceso de materiales biodegradables
4. Materia en suspensión y sustancia inmiscibles.

- **Los efectos que produce la contaminación química del agua son múltiples; entre los más importantes cabe destacar:**
- Acción tóxica y cancerígena.
- Sobre la producción de alimentos.
- Limitación del uso del agua con fines recreativos.
- Reducción de las posibilidades de su uso industrial y agropecuario.

Los riesgos que siguen a la contaminación del agua son difíciles de precisar, ya que muchas veces las dosis tóxicas sobre las cuales se trabaja son muy pequeñas, y el problema aún se complica más por la presencia simultánea de diversos contaminantes (CATIE, 2005).

- **Los principales contaminantes del agua son los siguientes:**

1. Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).
2. Agentes infecciosos que inhiben el desarrollo de otras formas de vida, como las bacterias o los pirógenos.
3. Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
4. Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias con contenidos de detergentes con soluciones químicas como: sulfato y fosfato, productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
5. Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
6. Minerales inorgánicos y compuestos químicos.
7. Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y las demoliciones urbanas.
8. Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos (CATIE, 2005).

- **Calidad del agua.**

Según, CATIE, 2005, el conocimiento de la calidad del agua es de vital importancia para todas las personas que la utilizan tanto en sus hogares como en la industria, ya que puede ocasionar severos daños a la salud de los consumidores o a los equipos industriales. En este trabajo se evalúan los principales factores que determinan la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, quedando como base para estudios más avanzados.

La calidad del agua no es un criterio completamente objetivo, pero está socialmente definido y depende del uso que se le piense dar al líquido, por lo que cada uso requiere un determinado estándar de calidad. Por esta razón, para evaluar la calidad del agua se debe ubicar en el contexto del uso probable que tendrá. Así por ejemplo el estándar de calidad para el agua apta para consumo humano no tendrá los mismos parámetros de calidad que los necesarios para el agua que forma parte de una laguna. Por eso podríamos definir a la calidad del agua, como un estado de ésta, caracterizado por su composición fisicoquímica y biológica, en que resulta inadecuada para la vida, dependiendo de su utilidad biológica.

En consecuencia, podemos decir que el agua de buena calidad es aquella que está libre de contaminantes, es decir cualquier tipo de elemento o energía que cause efectos indeseables para la vida. La calidad del agua se puede también determinar por un número de análisis cuantitativos en el laboratorio, tales como pH, sólidos totales (TS), la turbidez y la determinación de coliformes o alteraciones física o químicas que resalte y contiene sustancias tóxicas.

- **Actividad económica.**

Las principales actividades económicas del municipio de Siuna son:

1. La ganadería y la agricultura en la parte rural.
2. Minería artesanal en los dos sectores tanto rural como la urbana.
3. Comercio: es una de las más grandes actividades en la parte urbana casi en 30% de la población tiene de grandes a pequeños negocios.

- **Características agroecológicas.**

El municipio de Siuna presenta un gran potencial económico y natural, pues cuenta con una amplia gama de ecosistemas y hábitat que proporcionan una base de variados recursos naturales, sumado a ello la belleza escénica natural. Esto ofrece mejores oportunidades para un desarrollo económico sustentable, para la investigación, conservación y refugios de especies en peligro de extinción a corto, mediano y largo plazo (FUNICA, 2009).

- **Suelo.**

Presentan acumulaciones de sedimentos de origen aluvial aptos para la agricultura y la ganadería, donde el aprovechamiento de cultivos perennes, especialmente de especies frutales, tendrían un excelente resultado. Sin embargo, el área es muy limitada por lo que no puede ser utilizada de manera intensiva, en ningún tiempo del año (FUNICA, 2009).

- **Hidrología.**

Siuna está ubicado en la vertiente del Atlántico, entre dos grandes cuencas: la Cuenca del Río Prinzapolka que drena el 60% del territorio y que está integrada principalmente por los afluentes: Uly, Danlí, Wany, Labú, Silvy y Yaoya; y la cuenca del Río Grande de Matagalpa, que drena el resto del territorio y cuyos afluentes más importantes son Matis, Arenaloso, Iyas, Kum, Waspado, Lisawe, Waspuk, Iyas, Umbla y Tuma. En la mayoría de los casos, el régimen natural de escurrimiento de los ríos es bastante regular, manteniendo un caudal estable. Las características de la red hidrográfica del municipio es su potencial hídrico superficial, que podría ser utilizado para consumo doméstico, industrial, riego, producción hidroeléctrica y como medio de comunicación.

Una buena parte del curso de los ríos es navegable con botes de bajo calado, lo que significa una condición ventajosa para el desarrollo del transporte acuático, de forma que algunas comunidades podrían establecer mejores relaciones de intercambio (INETER, 2010).

- **Relieve**

La fisiografía del municipio de Siuna forma parte de la configuración geomorfológica de la Región Autónoma Costa Caribe Norte (RACCN), que le confiere una topografía variada en la que se observan tres tipos de relieves bien definidos: las zonas bajas paralelas a la costa con altura de 0-30 metros sobre el nivel del mar; terreno plano con pendientes de 0-1% sometido a inundaciones frecuentes; la zona intermedia con altura de 30-100 msnm, terreno ondulado con pendientes de 0-15%; y la zona montañosa con alturas que van de 100-600 metros sobre el nivel de mar, relieve accidentado y con pendientes que varían de 15-75%. En esta última, la Cordillera Isabelia penetra entre los ríos Wasúk y Prinzapolka, formando las montañas de Pispís, zona donde se localiza el distrito minero (municipio) de Siuna (CXB, Nicaragua S.A., 2017).

- **Clima**

Siuna es una zona con clima tropical monzónico, con temperaturas promedio de 26°C y precipitaciones superiores a los 2,000 mm anuales. Su clima húmedo y lluvias favorecen el cultivo de plantas bulbosas y raíces, no así la siembra de granos básicos, para los que se requiere la implementación de técnicas y tecnologías apropiadas especiales. El municipio presenta un período seco aproximado de 2 a 3 meses con lluvias esporádicas. Los meses de máxima precipitación son junio y julio (INETER, 2010).

- **Flora**

La vegetación natural está formada por bosques de coníferas y latifoliadas, con amplio potencial forestal; las especies que se encuentran con mayor frecuencia son: leche María, cedro macho, palo de agua, nancitón, palo negro y caoba. Existe una composición botánica diversificada y con varios estratos. Las copas de los árboles forman un dosel cerrado. El piso es húmedo y con poca penetración de los rayos solares, encontrándose en el suelo musgos, líquenes, hongos y helechos.

Predomina la vegetación propia del subtrópico húmedo, con grandes extensiones de bosques latifoliados, siendo uno de los municipios de mayor riqueza forestal de Nicaragua.

Las especies forestales utilizadas como leña son: madroño, carao, kerosene, coyote, areno, ojoche, bimbañan, cuscano, guaba, quitacalzón, fosforito, huesito, chinche, guácimo, guayabo, cuacamayo, guayaba, camibar, chaperno, guanacaste, zabaleta, cafecito, cola de pava. Las utilizadas con fines comerciales son: maría, cedro macho, palo de agua, laurel, cortés, comenegro, níspero, guapinol, cedro real, caoba, granadillo, nancitón, mora, manga larga, genízaro, gavilán (FUNICA, 2009).

- **Fauna**

Según FUNICA, 2009, la vida silvestre es rica en variedad y especies debido a que el medio natural ha sido poco alterado. Dentro de las especies más notables se encuentran:

1. Aves

Gavilán, chachalaca, picón, carpintero, oropéndola, chocoyo, lora, piaca/urraca, zopilote, pijul, cenizote, popone, lapa, gallina de monte, pavón, pava, tucán, garca, paloma, pájaros, zanate, águila, perico, pago aguja, tismaya.

2. Mamíferos

Venado, zaino, danto, cusuco, gato de monte, tigrillo (peligro de extinción), tigre (peligro de extinción), pizote, mapachín, zorro, Congo, cúcala, oso hormiguero, chanco de monte (peligro de extinción), guilla, mico, mono, comadreja, guatusa, cuyu, armadillo, oso caballo, perro de agua, ardilla, leoncillo, perezoso, perico ligero.

3. Reptiles

Serpientes, iguana, garrobo, escorpión, lagarto, cherepos.

- **Suelos.**

1. Grupo Ultisol.

Según FUNICA, 2009, son suelos que tienen un drenaje interno natural de imperfecto a bien drenados, de profundos a muy profundos, en relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad natural tiene valores de baja a media, con un contenido variable de aluminio y desarrollado de rocas básicas, intermedias y ácidas, de sedimentos aluviales, coluviales y fluviales. Los Ultisoles presentan las siguientes características morfológicas: texturas superficiales, textura del subsuelo muy arcilloso; colores pálidos en el suelo superficial, pardo grisáceo oscuro a pardo amarillento claro, en el subsuelo los colores varían de

pardo oscuro a pardo rojizo oscuro, en algunos casos los colores en el subsuelo varían producto del Hidromorfismo de gris pardusco claro a gris claro.

El contenido de materia orgánica de estos suelos varía de alto a muy bajo, el pH tiene valores de muy fuertemente a medianamente ácido, el porcentaje de saturación de bases es de muy bajo a medio, la capacidad de intercambio catiónico es de bajo a medio, el porcentaje de aluminio intercambiable es de bajo a muy alto, el porcentaje de hierro libre es de alto a bajo y el porcentaje de fósforo asimilable es de bajo a medio. De acuerdo con sus características edafoclimáticas estos suelos son aptos para cultivos anuales como sorgo, maíz, hortalizas, algodón, frijoles, arroz, yuca.

Para cultivos semi-perennes como caña de azúcar, banano, plátano, piña. Para cultivos perennes como frutales, cítricos, palma africana, o pastos. Los suelos con pendientes muy pronunciados son aptos para bosque (FUNICA, 2009).

Capítulo II. Metodología

El presente trabajo se basa en dos tipos de estudios principales, exploratorio y descriptivo. Los cuales fueron de mucha ayuda para poder cumplir los objetivos principales de la investigación los cuales son: Elaborar un análisis físico-químico y bacteriológico con el propósito de determinar la calidad del agua de la microcuenca del río Siuna-RACCN, de igual manera caracterizar la geología de la zona y así mismo evaluar la calidad en la que se encuentra el agua ya sea físico-química, bacteriológica, ya que al obtener los resultados poder realizar un plan de acción que beneficie tanto a la comunidad afectada como al recurso hídrico, todo esto basándose en plan de gabinete que se presenta a continuación.

- **Estudio exploratorio:** Permite vincularse a un tema poco estudiado con el fin de aumentar el grado de información posible para poder llevar a cabo una investigación más completa, en este caso el área de estudio perteneciente a la microcuenca del río Siuna ubicado en el municipio de Siuna, cuenta con poca o nada de información enfocada directamente en el área del río.
- **Estudio descriptivo:** Describe situaciones y eventos, es decir, como es y cómo se manifiesta determinado fenómeno. El propósito es especificar, evaluar, analizar y medir diversos aspectos, en el área de estudios estos son los aspectos más relevantes a tratar, la descripción cada una de las unidades litológicas, la geomorfología del área y sus estructuras como parte de los objetivos planteados.

Los estudios geológicos de la microcuenca del río Siuna se realizaron mediante la revisión de información de la zona y giras de campo al sitio donde se realizaron mediciones con brújulas a fin de realizar el levantamiento estructural del área, elaboración de columna estratigráfica usando como guía el léxico (Hodgson G., 2002). Para describir la geología regional del municipio de Siuna-RACCN, y para la obtención de resultados se prosiguió a la toma de muestras de agua, donde dos muestras se tomaron en el río Siuna San Pablo y San Pablo arriba, 5 en sus afluentes los cuales son: caño el Coyal, caño la

Gasolina, caño el Tiburón, caño el Mamòn y por último en caño el Guergüero para llevar acabo el estudio de análisis físico-químico y bacteriológico.

La metodología empleada para cumplir con los objetivos propuesto en la investigación consistió en 4 etapas que se describen en el siguiente orden:

- 1) Etapa de gabinete.
- 2) Etapa de campo.
- 3) Captación de muestras de agua.
- 4) Etapa de procesamiento e interpretación de los datos obtenidos en campo y resultados físico- químicos y bacteriológicos de cada una de las muestras de agua.

2.1. Etapa de gabinete.

Esta es la etapa inicial del proceso de investigación y consiste en una fase exploratoria de todos los documentos relacionados al tema de dicho estudio. Para poder realizar esta etapa fue necesario dividirlo en dos pasos:

Revisión de bibliografía:

Como parte del trabajo investigativo fue necesario hacer una recopilación y análisis de toda la información existente relacionada al tema de tesis y al área de estudio. Esta consistió en la revisión de tesis, informes técnicos, artículos científicos y mapa topográfico del municipio de Siuna que forma parte de la hoja de Coperna 3257 II a escala 1:50,000 editado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2006), para poder ubicar las vías de acceso al río y los sitios de captación de las muestras de agua en la parte alta y baja del río.

Elaboración de mapa base:

Se elaboró un mapa base para el área de estudio donde se establecieron sitios de captación de las muestras de agua del río Siuna. En conjunto con la información obtenida se procedió a la elaboración y diseño del mapa base; el cual se elaboró a partir del análisis e interpretación de los datos recopilados y estudios anteriores a escala 1:15,000 donde se resalta los puntos en los que se realizó la toma de muestra de agua para el análisis

fisicoquímico y bacteriológico. Es importante mencionar que se debió re-digitalizar la microcuenca debido a que el curso del río ha sido desviado a causa de las actividades de minería artesanal. Con los datos estructurales obtenidos en campo se realizó un mapa geológico donde se representa solo las áreas que se hizo la toma de muestra de agua es por tal razón que se hizo a una escala de 1:10,000 para representar solo los sitios de mayor interés en el río Siuna.

- **Enfoque.**

La geología es una ciencia muy amplia en la que se engloban diferentes disciplinas en las que juntas son capaces de resolver y dar soluciones a los diferentes problemas que se presentan.

El conocimiento de la calidad del agua es de vital importancia para todas las personas que la utilizan este recurso en sus hogares, así como para industria, pudiendo el uso de aguas contaminadas causar severos daños a la salud de los consumidores o a los equipos industriales. En este trabajo se evalúan los principales factores que determinan la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, quedando como base para futuras investigaciones.

El estudio de calidad de agua se basa en un proceso de carácter científico el cual posee información que sirve como base para otros estudios ya sean ambientales, de exploración y geoquímico, con objetivos relacionados a la misma. Esta información sirve tanto de interés económico como social, ya sea para beneficio a las autoridades municipales o empresas privadas. El estudio tiene como fin realizar un análisis físico químico y bacteriológico para determinar la calidad del agua de la microcuenca del río Siuna, así mismo determinar la litología, geomorfología y estructura del área.

- **Área de estudio:** microcuenca del río Siuna y afluente en total 7: San Pablo abajo, San Pablo arriba, La Gasolina, El Coyol, El Guergüero, El Tiburón y El Mamòn.
- **Universo de estudio:** Las aguas superficiales del río Siuna y afluentes.
- **Selección y tamaño de muestra:** El río Siuna y los afluentes de más relevancia, de los cuales se abastece la población de las comunidades del municipio de Siuna.

2.2. Etapa de campo.

Primeramente, se realizaron giras de campo al área de estudio, para un reconocimiento general, y observar previamente la geomorfología, litología y estructuras geológicas del área. El trabajo de campo se ejecutó entre los meses de abril y mayo del año 2018, para lo cual se utilizó el mapa topográfico del municipio de Siuna que pertenece a la hoja de Coperna número 3257 - II, donde se seleccionaron las áreas de mayor interés para realizar el trabajo de campo, para así hacer más fácil el recorrido por el área de estudio, donde se describieron afloramientos, modelos estructurales más relevantes de la microcuenca, se hizo el reconocimiento de contactos litológicos, se caracterizaron las rocas existentes en el área, color, textura, tipo de alteración, rumbo, buzamiento, se recolectaron muestras de cada uno de los puntos y se tomaron fotografías a las áreas de mayor interés (**Foto 1**).



Foto 1. Toma de datos geológicos durante la etapa de campo (Coordenadas: 740396E, 1516157N).

2.3. Captación de tomas de muestras de agua.

Después del proceso de mapeo de campo, se prosiguió a hacer un breve mapa para la propuesta de sitios de captación de muestras de agua en el río Siuna para determinar los componentes que más afectan la calidad de las aguas superficiales de la zona, donde primero se hizo la propuesta de tres sitios iniciales, surgiendo la necesidad de realizar más muestreo de agua donde se tomaron en cuenta 4 zonas que se sospecha que sus aguas están contaminadas debido al uso y trabajo inadecuados tales como calicatas, uso de motobombas, derrames de aceites y uso de detergentes (**Anexo 1**). Estos 4 puntos son afluentes del río Siuna donde se considera se concentra la mayor afectación ya que estos pasan por fincas, sitios de mineros artesanales y casas particulares (**Foto 2**).

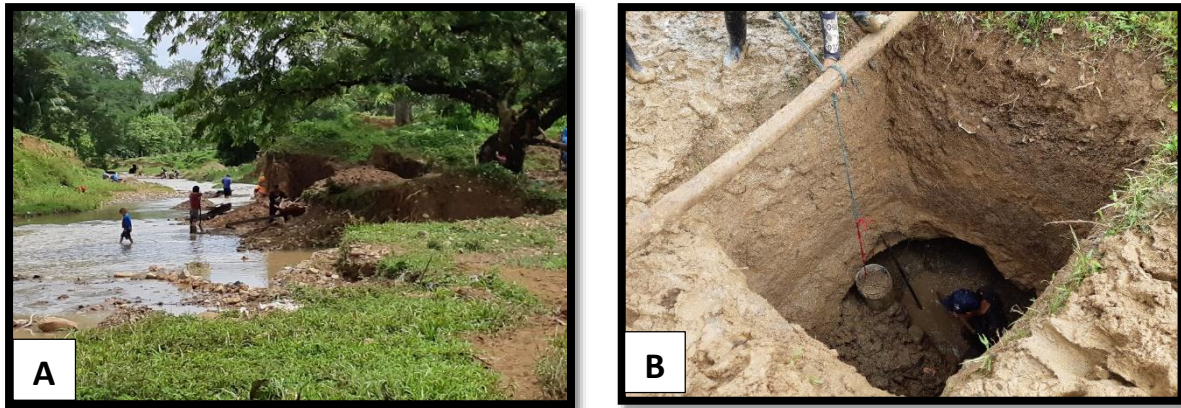


Foto 2. A. Ubicación de mineros artesanales, abriendo calicatas en diferentes puntos del río Siuna, (coordenadas: 739494E, 1516992N). **B-** Calicatas hechas por mineros artesanales en el área de San pablo (Coordenadas: 739523E; 1517000N).

La selección de los puntos estratégicos, de las tomas de muestras de agua se realizaron en la parte naciente de la microcuenca y sus desembocaduras, en total se hizo la selección de 7 sitios de captación de agua donde 2 son del río Siuna y 5 de sus afluentes principales observar (**tabla 1 y figura 3**), en cada punto se tomaron muestras de agua duplicadas las cuales fueron etiquetadas en el momento para así evitar confundirlas agregando los siguientes datos: referencia o nombre de punto, fecha y hora de recolección, opcional coordenadas UTM, código de la estación de la muestra, tipo de agua, procedencia, lugar de recolección, nombre del recolector, preservación realizada.

Estas muestras de agua se realizaron con el propósito de obtener resultados de calidad de agua con parámetros físicos- químicos y bacteriológicos, dichos parámetros aplicados fueron recomendados por la empresa Minera Calibre Mining Corp. S.A, con el objetivo de demostrar que las actividades que esta empresa de exploración está ejecutando en la concesión Siuna, no está teniendo efectos negativos al recurso hídrico.

Los resultados físicos- químicos y bacteriológicos son reportados a las instituciones correspondiente tanto a nivel local como regional y nacional, como parte de los compromisos adquiridos en el estudio de impacto ambiental de las actividades de exploración de la concesión Siuna.

Tabla 1. Sitios de muestreo de la microcuenca del río Siuna.

Identificación del Sitio	Este	Norte	Lote	Prospecto	Propietario
Río Siuna	740655.0	1518081.0	Siuna	Cerro Aeropuerto	Alcaldía Municipal
Río Siuna, aguas arriba	740629.0	1519806.0	Siuna	Güergüero	Alcaldía Municipal
Río Siuna, aguas abajo	740285.0	1517781.0	Siuna	Cerro Aeropuerto	Alcaldía Municipal
Quebrada Francisco Urrutia	738087.0	1518160.0	Siuna	La Gasolina	Arturo Urrutia
Cerro El Coyol	738241.0	1519442.0	Siuna	El Coyol	Antonia Flores
Río Siuna-San Pablo	739494.0	1516990.0	Siuna	Huracán	Daniel Herrera
Quebrada el Mamòn	740396.0	1516157.0	Siuna	El Tiburón	Sixto Ruiz

- **Material y Equipo de muestreo.**

Para las mediciones y muestreo en el campo se utilizaron:

- ✓ Molinete hidrométrico C31 10.001 mide velocidades que oscilan entre 0.025 m/s – 10 m/s.
- ✓ Hélice 1 marca OTT C3, ayuda al molinete a que las velocidades de flujo de entre 0,025 m/s y 10 m/s sean más fiables y exactas, midiendo flujos ya sea de pequeños arroyos a grandes ríos.
- ✓ Contador digital Z400, permite ahorrar tiempo en las mediciones de flujo con molinetes hidrométricos. Por medio de los impulsos del molinete calcula automáticamente el número de revoluciones de la paleta.
- ✓ Recipientes de polietileno de alta densidad de 1 L, de 500 mL, de 125 ml y de vidrio de boro-silicato de 125 mL para recolectar muestras para análisis Físico-Químicos.
- ✓ Bolsas de polietileno de baja densidad Whirl-pak estériles de 100 ml para la recolección de muestras para análisis bacteriológicos.
- ✓ Botellas de vidrio de 125 ml esterilizadas para la recolección de muestras para análisis bacteriológicos (coliformes fecales) (**figura 4**).

- **Como protección personal se utilizaron:**

- ✓ Guantes de nitrilo.
- ✓ Mascarillas (para aguas residuales).

- **Toma de muestras de agua.**

Para la toma de muestra de agua se rotularon cada uno de los frascos, agregando código de la estación, la fecha y la hora exacta en que se hizo la captación de agua, las muestras de agua se tomaron en dirección opuesta al flujo, las cuales primero se hizo la captación en la parte baja del río y después aguas arriba en la parte central de la microcuenca y sus afluentes, se hicieron de 4-5 muestras por punto con envases de polietileno de alta densidad, con medidas 1L, 500 ml y 125 ml, y envases de vidrio de borosilicato 125 ml, para las pruebas físico-químicas. Para la recolección de muestras bacteriológicas se utilizaron envases de vidrio de 125ml y bolsas de baja densidad esterilizadas para coliformes

fecales. Las muestras fueron conservadas en termos, para prevenir alguna alteración o contaminación.

- **Frecuencia de muestreo.**

Se realizaron en total 8 aforos: los cuales se realizaron en transición de seca a lluviosa debido a la irregularidad climática del municipio de Siuna, esto se realizaron en el I semestre del año 2018, abril, mayo y parte del mes de junio.

- **Conservación de muestras.**

Las muestras se preservaron en termo, selladas y en la sombra mientras duraba el muestreo y se transportaban al laboratorio, esto se realizó con el objetivo de retardar los cambios químicos y biológicos que continúan después de que la muestra se retira de su fuente. Los resultados analíticos tienden hacer más exactos en la medida que el tiempo transcurrido entre la recolección de la muestra y su análisis sea menor.

Los métodos de preservación incluyen las siguientes operaciones: control de pH, y otros los cuales actúan para: retardar la acción biológica, retardar la hidrólisis de los compuestos químicos, reducir la volatilidad de los constituyentes y reducir los efectos de absorción. Para poder conservar la muestra se guardaron en termos que de igual manera que las muestras también fueron etiquetados para evitar confusiones **(Foto 3)**.



Foto 3. Conservación de las muestras de agua para evitar algún tipo de contaminación o alteración.

- **Transporte y entrega de la muestra al laboratorio.**

Las muestras fueron almacenadas siempre teniendo en cuenta la precaución de que los recipientes estuvieran sellados para evitar posibles derrames. Las muestras fueron enviadas a la capital de Nicaragua para ser entregadas en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), las cuales estaban correctamente identificadas. Las muestras fueron enviadas en un lapso de 24 horas como máximo para su análisis (**Foto 4**).



Foto 4. A-Toma de muestra de agua en el río siuna **B-** Traslado de tomas de muestras de agua hacia Managua (Coordenadas: 739494E;1516990N).

Instrumento de trabajo para toma de datos geológicos (Figura 4).

 <p>LUPA.</p>	 <p>GPS.</p>	 <p>BRUJULA.</p>
<p>LIBRETA DE CAMPO</p> 	<p>CINTA METRICA.</p> 	<p>PIQUETA.</p> 

Figura 4. Materiales para toma de muestras de aguas y trabajo de campo.

 <p>Envase de vidrio de borosilicato.</p>	 <p>Termo para conservación de las muestras de agua.</p>	 <p>Mascarilla para aguas residuales</p>
<p>Molinete hidrometrico, helice marca OTT C3 Y conrador digital Z400.</p> 	<p>Botellas plásticas de polietileno.</p> 	<p>Bolsas de polietileno de baja densidad.</p>  <p>Guantes de nitrilo.</p> 

Figura 5. Materiales para toma de muestras de agua.

Capítulo III. Geología Regional de la Costa Atlántica.

Esta provincia abarca la Cuenca de la Mosquitia, la Cuenca Costera y el Banco de Nicaragua. Está comprendida entre el límite de la provincia del N, la Región Central, Río Coco en el N y Río Indio en el S, en el E del mar Atlántico. Geológicamente se han definido 5 formaciones, y se caracteriza por el predominio de rocas sedimentarias recientes del pleistoceno, los sedimentos están representados por las gravas, arenas, arcillas, bajo la formación Bragman's Bluff y aluviones recientes, rocas como: Areniscas, Lutitas y Calizas, conformando la parte superior de la cuenca Mosquitia, en la parte NW se señala el afloramiento del batolito, y la presencia de rocas extrusivas, ocupando la parte central-W (Hodgson, 2000).

- **Provincia de los llanos de la Costa Atlántica.**

Según Hodgson, 2002, el relieve ondulado representado por lomas en forma de domos aislados de baja elevación (4 m como máximo), áreas de sabanas, lagunetas, pantanos, cubierto por forestales de pino, cubriendo grandes extensiones de la provincia, desde el río Coco en el N hasta las inmediaciones de los municipios de Laguna de Perlas y Karawalas: en el límite W, representa relieves en crestas, alargadas características de rocas sedimentaria (sedimentos mesozoicos). En el S relieves moderadamente elevados de características volcánicas, comprende un área de 62,500 millas cuadradas, a lo largo de la Costa Caribe de Honduras y Nicaragua litológicamente está constituido por depósitos aluvionales de grandes espesores, y cubriendo gran parte de la provincia, impidiendo el afloramiento de las rocas sedimentarias que fueron depositadas en las cuencas y en banco de Nicaragua, Los aluvionales de la superficie constituyen la formación Bragman's Bluff (Hodgson G., 2002).

- **Formación Bragman's Buff.**

Esta formación está constituida por gravas, arenas y arcillas abigarradas. La base de la arena la constituye un horizonte de costra de arena cementado por óxido de hierro como producto de la lixiviación de los horizontes superiores. La zona de transición puede tener un espesor de 50 cm y todo el conjunto visto en la playa de Puerto Cabezas no sobre pasa los 10 m de espesor. Visto a través de los pozos perforados, esta formación se interdigita en el E. con los depósitos arréfciales de la formación Martínez, donde alcanza un espesor

de 500 m. la edad ha sido señalada de Plio- Pleistoceno al Mioceno Medio (Hodgson G., 2002).

- **Formación Mosquitia.**

Compuesta por lutita y lutitas arenáceas carbonáceas, carentes de fósiles, y de un ambiente no marino (Deltaico), Inter dirigida hacia el E, con depósitos de caliza y de caliza arrecifal. El pozo perforado señala un espesor de 1400 m y una edad del mioceno inferior (Hodgson G., 2002).

- **Formación Punta Gorda.**

Esta formación está constituida por calizas interdigita en el W con lentes de arena. La caliza es densa fosilífera, especie yaberinella y coquina. En el E se inter digita con lutitas calcáreas. La caliza en la interdigitación es dura masiva y densa, no hay coquina. En la base hay una alternancia de caliza y lutita, en donde la caliza se presenta muy densa y marrón. El conjunto tiene un espesor de 2050 m y corresponde a una edad de Eoceno. (Carranza G., 1985).

- **Formación Touche.**

Está constituida por calizas y lutitas calcáreas, con intercalación de areniscas limolítica carbonácea en el W y rocas volcánicas en el SE Señalada de edad Paleoceno, sobre rocas volcánicas que puede ser edad Paleoceno Medio. En la parte N de la cuenca, sección hondureña, aflora la Formación Cantarranas (compuesta de lutitas calcáreas con intercalación de caliza masiva de espesor entre 0-190 m y localizado en el Neocomiano), formación Atima (consiste de gruesos horizontes de caliza micritica a biomicritia, con intercalación de bandas de limolita y Flint, el espesor varía entre 90 m y 1430 m, ambas dentro del grupo Yojoa. Y la formación Guare (consiste de delgados horizontes de caliza bituminosas interpretadas de corresponder a una facies pelágica y del Cenomaniano Mills et al; 1967). (Hans Burgl, 1961).

Capítulo IV. Análisis y discusión de los resultados

4.1. Geología Local.

Siuna, pertenece a la Provincia Geológica del área Central de Nicaragua, conformada estratigráficamente por rocas sedimentarias clásticas del Cretácico Superior correspondiente a la Formación Todos Santos constituidas por calizas con alto contenido de sílice (calizas impuras) y calizas puras con alto contenido de carbonato de calcio, areniscas y conglomerados; secuencias volcánicas del Terciario (Eoceno-Mioceno) del grupo Matagalpa dominada por flujos de composición intermedio. Las secuencias carbonatadas y volcánicas se encuentran intruidas por una serie de intrusivos de composición diorítica y granodiorítica a granito (INMINE, 1990).

En cuanto a la Formación Matagalpa del Terciario (Eoceno-Mioceno), se encuentra constituida por rocas volcánicas que forman montañas de considerable altitud. Litológicamente se distinguen: Ignimbritas, Tobas Riolíticas-Dacíticas y Lavas Basálticas, Lavas, Andesita, Dacíticas y Arena Tobácea. Se encuentra en menor medida en el área de las concesiones mineras Siuna, y Siuna H1 (CXB Nicaragua S.A, 2012).

Las rocas pertenecientes al Cuaternario generalmente están constituidas por sedimentos consolidados (antiguos) y guijarros, arenas, suelos arcillosos y arenosos. Las rocas aluvionales y coluviales del Cuaternario se encuentran ampliamente distribuidas en los límites de las concesiones mineras de Siuna, Siuna H-1, Rosita H-2, Nueva América H-I, HEMCO-Rosita II y pueden ser observadas fácilmente en los márgenes de los cauces naturales de los ríos.

Los sedimentos del Cuaternario están presentes en superficies altas de erosión local, constituyendo materiales eluviales. De igual modo, en las partes bajas, constituyendo los aluviales y coluviales, depositados por gravedad o las corrientes de agua (MARENA, 2010).

- **Litología**

El Cinturón de Siuna está rodeado hacia el E y W, por una secuencia de flujos volcánicos félsicos a intermedios, tobas y piroclastos de edad Terciaria pertenecientes al grupo Matagalpa. (Hodgson 1985; M Benable 1987).

El Cinturón de Siuna y las rocas adyacentes están instruidos por una serie de diques, sills y plutones. Una de las más importantes intrusiones tipo batolito es la ubicada en el cerro Güergüero, Cerro Viejo y Coyol, cuyas edades relativas se cree datan de 60 ma. Estas intrusiones ocurren de manera primaria fuera de las rocas sedimentarias–volcánicas. El más grande de estos intrusivos es (Cerro Güergüero) y ha dado como producto una extensa zona de alteración silíceo y argílica al W del cinturón sedimentario (INMINE, 1979-1994).

Litológicamente la formación Todos Los Santos se encuentra constituida por rocas sedimentarias como: Calizas, Margas, Limolitas, Fangolita y Conglomerados que se encuentra principalmente dentro de los límites de las concesiones de Asa y Siuna-H1 de CXB Nicaragua S.A (Urrutia A, CXB Nicaragua S.A, 20012).

Una de las más importantes intrusiones es conocida como: el batolito de Andesita porfirítica, se encuentra cubriendo la zona del cerro Güergüero, Cerro Viejo y cerro el Coyol con presencia de rocas de tipo Granodiorita con las coordenadas 0738508E; 1518720N con una altura de 157 m. Las intrusiones ocurren de manera primaria fuera de las rocas sedimentarias-volcánicas.

En el área de estudio se reconocieron rocas extrusivas y sedimentarias. De acuerdo con la composición que presentaban las rocas se clasificaron en 6 unidades litológicas, las cuales se describieron de la más antigua a la más reciente siguiendo el orden en que se depositaron:

1. Unidad Rocas sedimentarias (Mesozoica-Cretácico).
2. Unidad Serpentinita (Mesozoica-Cretácico)
3. Unidad Andesítica (Cenozoica-Terciario)
4. Unidad Diorita (Cenozoica-Terciario)

5. Unidad Granodiorita (Cenozoica-Terciario)
6. Unidad Sedimentos Aluvionales (Cenozoica-Cuaternario)

1. Unidad rocas Sedimentarias (Mesozoica-Cretácico)

Las rocas sedimentarias se extienden 12 km de largo en dirección NW-SE y de 1.2 a 2 km de ancho, formando una serie de estructuras de anticlinales y sinclinales coordinadas 739951E; 1519336N, secuencia del Grupo Todo los Santos, está compuesta por calizas masivas reemplazada la matriz por sílice (calizas impuras); limolitas, grauvaca, brecha arenosa, cuarcita y conglomerado. La mayoría de las rocas las encontramos en el área del cerro Potosí y parte del cerro el Guergüero, con alturas que varían desde los 150-250 msnm, terrenos muy escarpados.

Esta unidad sirve de roca huésped de la mineralización aurífera con coordenadas 0740060E; 01519847N, altura 193 m, en el cual los sedimentos fueron alterados por silica como Skarn de granate y epidota, también Skarn de epidota y clorita, pequeñas zonas fueron diseminadas por piritita, calcopiritita, esfalerita y hematita. La roca caja a ambos lados se determina como tobas y flujos lávicos andesíticos (**Foto 5**).



Foto 5. Estructura de Gossan ubicado en el cerro Potosí con alteraciones de epidotas, oxidaciones de hematita y contenido de sílice (Coordenadas: 0740149 E, 1519913N).

2. Unidad de Serpentinita (Mesozoica-Cretácico).

Las serpentinita es una roca metamórfica de composición básica o basaltos alterados, su yacencia es en forma de dique estando en contacto y paralelo a la falla Potosí. La granulometría es de grano fino, tacto sedoso, color verde amarillento a oscuro. Se extiende en dirección NW, SW, aflorando en la parte N del cerro Potosí con coordenadas E0740000; 1520000N, con una altura de 230 m.

En profundidad fue interceptado el cuerpo, por un sondeo de perforación realizado por la compañía minera YAMANA-Gold Inc., y gerente Resource Gold en el año 2007-2008 (YAMANA-Gold, company, 2008).

3. Unidad Andesita (Cenozoica-Terciario).

Una de las unidades más importante es el dique de Andesita, localmente textura Tobácea, masiva porfiritica y piroclastos. Su yacencia está en contacto entre la serie de los sedimentos (rocas sedimentarias), se encuentra alineado en dirección NW-SE con 65° inclinado hacia el SE. Las rocas volcánicas que cubren al E y W del área de Siuna consisten en Andesitas de grano fino a porfiritica, representadas por flujos, Tobas y aglomerados, las cuales fueron formadas desde el Cretácico a la mitad del periodo del Terciario.

Se observó un afloramiento de Andesita Tobácea en uno de los puntos de muestreo con parches de xenolitos a unos 100 m de la casa de Benito Picado como punto de referencia **(Foto 6)**. El caño la Gasolina o mejor conocido como el Caño de Arturo Urrutia es uno de los sitios donde se observó de forma más representativa el afloramiento de roca andesita, color gris verdosa con textura de grano fino, este afloramiento se encuentra cercano al caño donde se tomó la muestra de agua.

Se realizó medición de las fracturas más relevantes del afloramiento, presentando oxidación de ematita en relleno de fracturas color gris metálico, se encuentra ubicado en la finca de quien era de Don Arturo Urrutia con coordenadas 0738087E; 1518160N con

altura de 147 m, donde se hizo una de las tomas de muestra de agua ya que es uno de los afluentes que desemboca en el río Siuna (**Foto 7**).

El caño el Tiburón se localiza en la comunidad de San Pablo aproximadamente a un 1 km del río Siuna, se observó rocas de tipo andesita con carbonato de calcio relleno las fracturas, realizando toma de medidas (rumbo y buzamiento) a las fracturas más significadas en la estructura con dirección SW-W (**Foto 8**). La calidad de agua en este sitio no está muy afectada por los mineros artesanales en época seca del año, por lo que se encuentra totalmente seco, pero si se logró observar desechos sólidos como: botellas y bolsas plásticas, debido a que el riachuelo queda en una finca que pertenece al Sr. Daniel Herrera la que tiene letrinas, corrales y sitios que lavan ropa cerca del afluente.

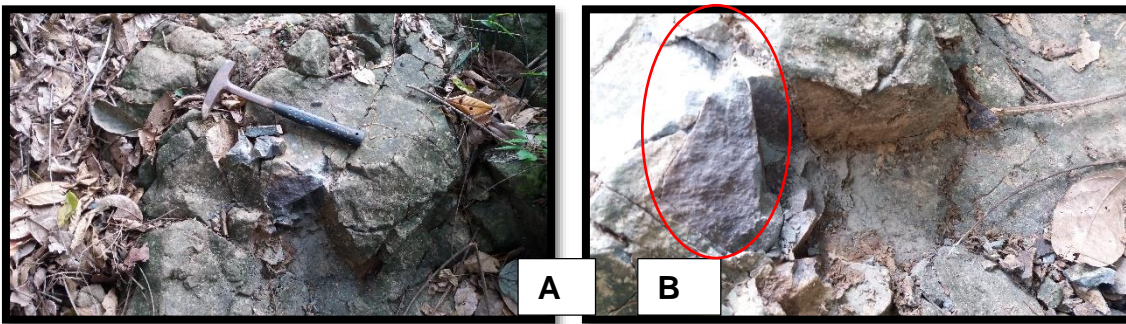


Foto 6. A-Afloramiento de rocas andesita con oxidación de hematita. **B-**muestra de roca con oxidación de hematita (Coordenadas: 738082E, 1518169N).

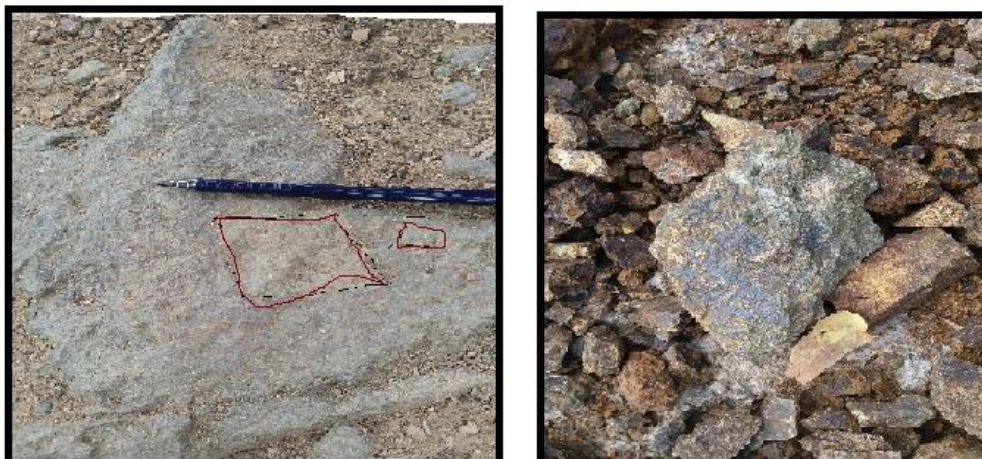
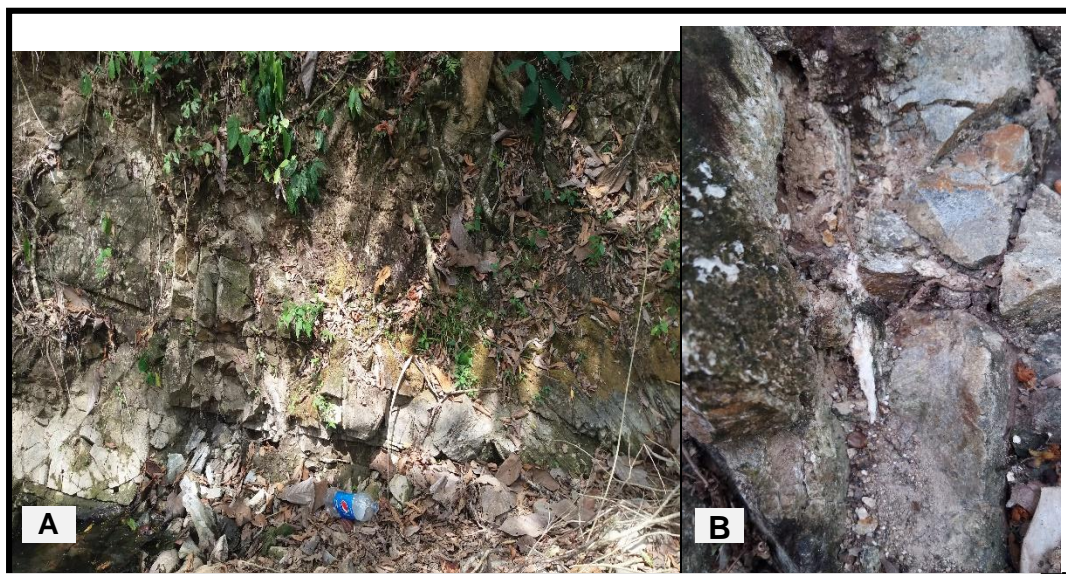


Foto 7. A- Andesita tobácea con parches de xenolitos, **B-** Muestra de roca andesita tobácea, ubicada en el área de La Gasolina. (Coordenadas: 739197E, 1518753N).



Fotos 8. **A**- Afloramiento de andesita **B**. Fracturas con relleno de carbonato de calcio en el caño el Tiburón coordinada (Coordenadas: 7369693E, 1571424N).

4. Unidad Diorítica (Cenozoica-Terciario).

El sitio de captación de la muestra de agua se encuentra sobre el río Siuna en la comunidad del Guergüero. Se observó rocas de composición diorítica de color gris oscuro, con plagioclasas en forma de listoncillos, donde la mayoría están meteorizadas. En este sitio donde no se observó tanto impacto por la minería artesanal, pero a causa de otras actividades domésticas realizadas en las riberas del río, como son la deposición de heces fecales, lavando ropa haciendo uso de detergente, jabón y depósito de basura por parte de los pobladores que ahí habitan sumada a la que arrastra el río de las zonas más alta del afluente **(Foto 9)**.

Se tomaron medidas sobre el intrusivo diorítico ubicado en cerro el Guergüero, con azimut de 38° y un buzamiento de 60° , fracturado con un Az de 104° y un buzamiento de 70° se tomó la fractura más representativa ya que el intrusivo se encuentra sobre una zona meteorizada y a orillas de la carretera que se dirige hacia la finca de don José Rodríguez **(Foto 10)**.



Foto 9. Aguas con contenido de detergente. (Coordenadas: 740211E; 1520195N).

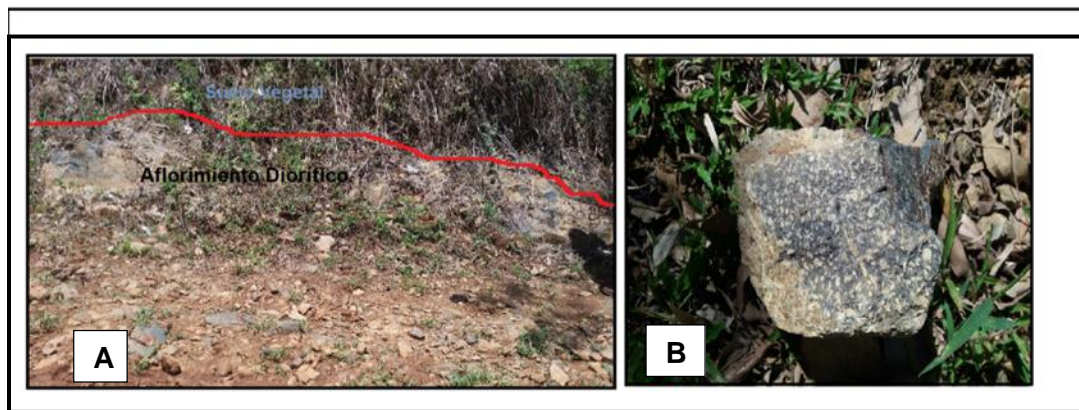


Foto 10. A- Afloramiento de intrusivo diorítico, B-Muestra de intrusivo diorítico. Ubicado en el Cerro Guargüero. (Coordenadas: 741004E; 1519772N).

5. Unidad Granodiorita (Cenozoica-Terciario).

Esta unidad se encuentra ubicada en la parte W de Cerro Coyol. Donde se observó el intrusivo que aflora en la parte alta de la quebrada el Coyol, la roca es de grano grueso, con contenido de plagioclasas en forma de listoncillos de color blanco, se midieron sus fracturas más representativas donde se tomó rumbo y buzamiento y la dirección en la que se dirige el intrusivo (**Foto 11**).



Foto 11. Muestra de intrusivo de tipo granodiorita, Caño El Coyol. (Coordenadas: 738508E, 1518720N).

6. Unidad Sedimentos aluvionales (Cuaternario-aluvional).

En esta unidad es encontrada en la mayoría de los sitios donde se realizaron las captaciones de agua.

Los sitios en los que se observó material aluvional del Cuaternario rodeando el lecho de los afluentes desde la parte baja hasta la parte alta de los caños los puntos son el cerro el Coyol con coordenadas: 0738241E; 1519442N el cual es uno de los principales afluentes del río Siuna donde se encuentra parte del lecho rocoso de composición andesítica (**Foto 12**), San Pablo con coordenadas 0739494E; 1516990N. El río en este punto de estudio ha experimentado fuertes cambios ya que ha sido removido unos 200 m de su lugar de origen a causa de la minería artesanal donde se encuentran varios colectivos de 4 a 6 persona por punto utilizando motos bombas para achicar las calitas (**Foto 13 y 14**).

Otro de los puntos presentando la misma característica es la quebrada el Mamón con coordenadas 0740396E; 1516157N y cerro el Guergüero coordenadas 741075E; 1519697N. Al igual que los otros puntos en el caño el Mamón y cerro el Guergüero solo se observó material aluvial (**Foto 15**), no se pudo observar su lecho rocoso debido a que es un lugar demasiado meteorizado. El sitio de captación de agua del caño el Mamón se encuentra ubicado en la propiedad del Sr. Sixto Ruiz con coordenadas 0738331E; 1518508N. Las fotografías fueron tomadas en época seca por lo que la escorrentía en el riachuelo es lenta, tendiendo a acumular grandes cantidades de desechos sólidos y heces fecales de animales. El agua en el sitio también se observó turbias de color verdoso siendo notable la concentración de detergente.



Foto 12. Caño el Coyol material aluvional con lecho rocoso de composición Andesítica. (Coordenadas: 738331E, 1518508N).



Foto 13. A-Uso de motobombas por mineros artesanales, **B-** representación de la motobomba utilizada en el río San Pablo parte baja de la quebrada. (Coordenadas: 739481E, 1516990N).



Foto 14. Rio san pablo, compuesto de material Aluvional, según INMINE 1990, su lecho rocoso está compuesto por andesita, distancia de 200 m del río removido, calicatas hechas por mineros artesanales. (Coordenadas: 739485E, 151699N).



Foto 15. Punto de captación de agua en San pablo parte baja de la quebrada, foto tomada en época de sequía (abril, 2018), observándose material aluvional y en su suelo material rocas de composición Andesítica extraído del lecho rocoso por mineros artesanales. (Coordenada: 0739480E, 1516899N).

.2. Geología estructural.

Existen sistemas de fallas principales y secundarias, cubriendo principalmente las provincias del Norte y Central, (Lilljequist 1983). En Nicaragua los sistemas que constituyen los elementos estructurales más prominentes fueron agrupados en tres sistemas principales: NW-SE, NE-SW y NS, de edades Terciario-Cuaternario.

Fallas NW-SE: se ha señalado que estas fallas coinciden con el rumbo de la cordillera Amerrisque (Hunting, 1972) cubriendo principalmente las provincias del Norte y Central, las fallas son prominentemente normales o de gravedad. Estas fallas son consideradas de haberse formado como resultado de regímenes tensionales durante el Pleistoceno. Fallas NE- SW (Hunting, 1972), coincide con el rumbo de la cordillera Isabelia, son fallas de desplazamiento lateral (horizontal strike slip faults).

Fallas NS: son estructuras transversales (transcúrrente) a la cadena volcánica expresada en alineamientos de conductos volcánicos de Centroamérica, en Nicaragua estas fallas se desplazan a la cadena volcánica activa y han sido interpretadas como cizalladuras de primer orden. (Hunting, 1972).

- **Consideraciones Teóricas**

La corteza terrestre está expuesta a esfuerzos que tienden a desplazar y a distorsionar las rocas, dando como resultado una serie de comportamientos que se dividen en: **Elástica:** cuando se aplica esfuerzo la roca se deforma, pero recupera su originalidad. **Plástica:** cuando se aplica esfuerzo la roca se deforma y no recobra su estado original, como es el caso del área de estudio. **Visco-elástica:** cuando se aplica esfuerzo la roca se deforma y recupera su originalidad con el tiempo. La deformación de una roca es el cambio de su tamaño, forma y localización bajo la influencia de esfuerzos tensión y compresión en la corteza terrestre. En dependencia de la composición química, contenido de agua, temperatura y presión confinante de la roca (Tolson, 1996), el mecanismo de deformación puede ser:

- **Frágil:** cuando el cuerpo se fractura y deforma por un esfuerzo, existiendo pérdida de cohesión, típica de rocas ígneas volcánicas y plutónicas como las encontradas en el área de estudio.
- **Dúctil:** cuando el cuerpo no se rompe solo acumula esfuerzo y no existe pérdida de cohesión

La deformación de la roca depende de los niveles de profundidad que se encuentre. Las rocas superiores a la corteza terrestre son deformadas frágilmente, lo contrario de las que se encuentra a mayor profundidad que tienen un comportamiento dúctil. La profundidad en que la deformación pasa de frágil a dúctil, es conocida como la transición dúctil-frágil; esta generalmente se encuentra a unos 10-15 Km bajo la superficie terrestre (Sibson, 1990). En dicha transición se desarrollan ambos tipos de deformación, mientras que por encima o por debajo la importancia relativa de una de estas disminuye progresivamente.

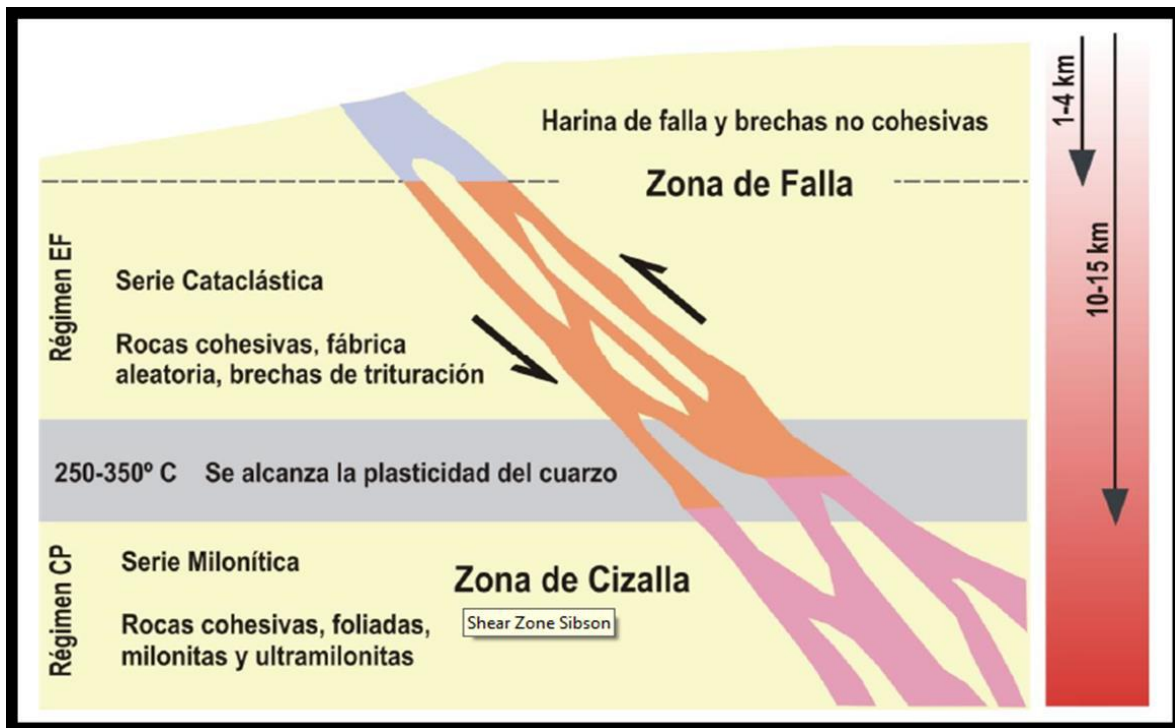


Figura 6. Esquema de una zona de cizalla y rocas asociadas. Transición dúctil-frágil en líneas verticales (Sibson., 1990).

- **Dique.**

Masa de roca ígnea con morfología laminar discordante, que corta la estratificación o planos estructurales de la roca encajante, los diques pueden ser compuestos o múltiples y pueden aparecer en asociación con cualquier cuerpo ígneo mayor. Ocasionalmente se presentan formando sistemas que tienden a una disposición paralela o radial. Los diques se extienden algunas veces a considerables distancias. (A. Whitten y Brooks, 1980).

- **Criterio de Cizalla.**

Una zona de cizalla corresponde a una ancha zona de deformación generada bajo condiciones dúctiles - frágiles. Las condiciones de las zonas de cizalla pueden ser de carácter local o regional. De acuerdo a la cantidad de matriz generada durante el proceso de cizalla, la roca se clasifica en los siguientes tipos:

- **Brecha de falla:** fragmentos de rocas sub-angulares, originadas por la interacción Mecánica entre dos bloques.
- **Harina de falla:** (gauge, jaboncillo o arcilla de falla): rocas poco consolidadas y deleznales que mezcladas con agua genera zonas localizadas y de poco espesor en donde aparece un material pastoso, en general semejante a una arcilla.

- **Existen dos tipos de Cizalla por su mecanismo de formación.**

- **Cizalla Pura:** Las estructuras se deforman de manera coaxial, no rotacional y simétrica, ejemplo de este tipo de cizalla es la formación de depresiones tectónicas y pilares tectónicos, como los encontrados en la parte denominada en este trabajo como Depresión Tectónica, (Mickzie, 1978).
- **Cizalla Simple:** Las estructuras se deforman de manera no coaxial, rotacional y asimétrica como es el caso de fallas lítricas, en donde el cambio de ángulo de la falla principal origina rotación en los bloques. La cual produce estructuras en domino debido a la rotación de la falla (Wernicke, 1981,1982).

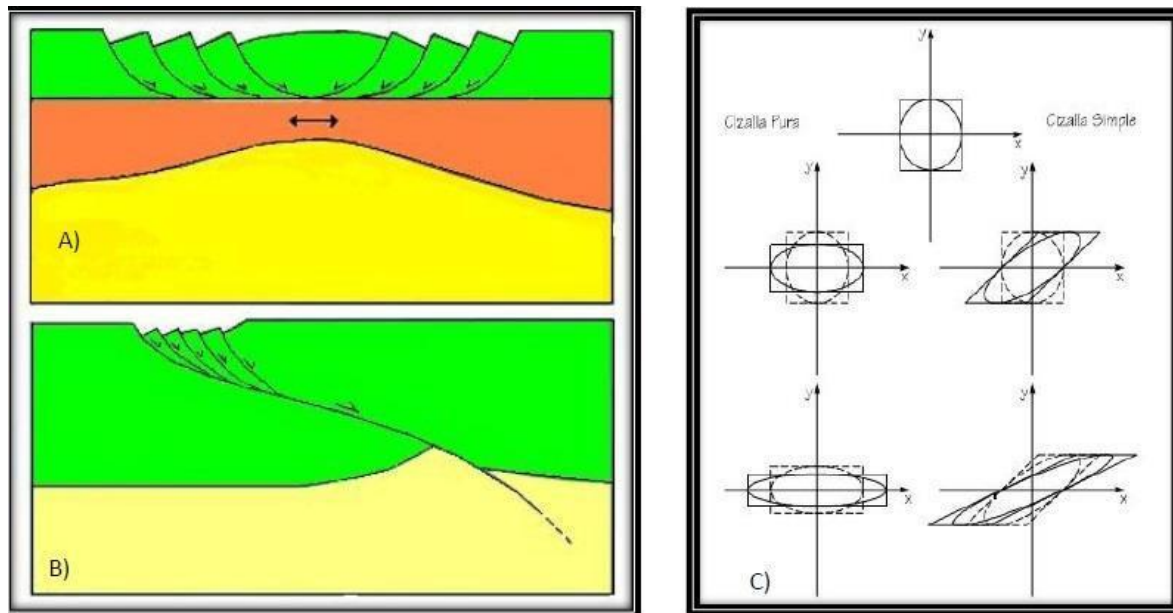


Figura 7. a) Modelo de cizalla pura (Mickzie, 1978). b) Modelo de cizalla simple (Wernick, 1981, 1982), c) Comparación geométrica de los sistemas de cizalla pura y simple, mostrando la rotación progresiva de la elipse de deformación finita con cada incremento de cizalla simple (Tolson, 1996).

En términos generales el área de estudio es atravesada por una intensa red de fallas con rumbo NO-SE, NE-SO y NS. En algunos casos las fallas coinciden con parte de la red hídrica y en otros casos son zonas donde probablemente se asocian u hospedan las zonas mineralizadas. Existen en Nicaragua sistemas de fallas principales y secundarias, cubriendo principalmente las Provincias del Norte y la Central (Lilljequish y Hodgson, 1983).

En Nicaragua los sistemas que constituyen los elementos estructurales más prominentes fueron agrupados en tres sistemas principales: NO-SE, NE-SO y NS. El territorio nicaragüense en su totalidad se encuentra altamente fallado, fracturado o plegado, a las cuales se los han asignado edades del Terciario-Cuaternario.

Las formaciones sedimentarias en el área, presentan un buzamiento fuertemente inclinado (60° a 85°), y se encuentran plegadas como resultado de las fuerzas de compresión preterciarias SE-NO. Localmente las secuencias están desplazadas por un conjunto de fallas de tendencia E-O a NE que posiblemente sean las que sirvan de patrón de control a la mineralización en la zona. Se reconoce el sistema de rumbo NO-SE, representado por estructuras, que coinciden con la dirección del fallamiento regional.

La principal estructura de interés en el área está representada por el graben Iyas-Bocay, que forma una zona de alargada extensión, donde los esfuerzos extensionales a lo largo de dicha estructura han creado zonas de dilatación inmediatamente hacia el borde E del graben. Estas zonas en conjunto con los intrusivos Terciario son responsables de la formación de depósitos minerales en el área de estudio.

- **Dique cerro Potosí.**

En el cerro Potosí se observó la presencia de un dique con coordenadas 739899E; 1519925N. Instruyendo sobre los sedimentos, compuestos de textura diorítica con espesores de 1 a 3 m de ancho, Se tomaron medidas de Azimut: 338° y buzamiento de 80° SW (**Foto 16 y 17**).

Sus fracturas están rellenas por carbonato de calcio tipo calcita, donde también por procesos de oxidación en su matriz se observan sulfuros diseminados como: pirita y calcopirita en forma de parche y como relleno de fracturas, en las cuales se tomaron medidas de sus fracturas principales las cuales estas presentan alteraciones de hematita en forma de parche en la superficie de la roca (**Foto 18**).

Fractura 1.	Fractura 2.
Az: 270°.	Az: 198°.
B: 70°	B: 40°

Tabla 2. Rumbo y buzamiento de las fracturas localizadas sobre la falla Potosí. (Coordenadas: 739899E, 1519925N).



Foto 16. Dique de tipo granodiorita ubicado en el cerro Potosí (Coordenadas: 739899E, 1519925N).



Foto 17. Representación del dique de tipo granodiorita, Conexión de la parte Sur del cerro Potosí. (Coordenadas: 740100E, 1519861N)

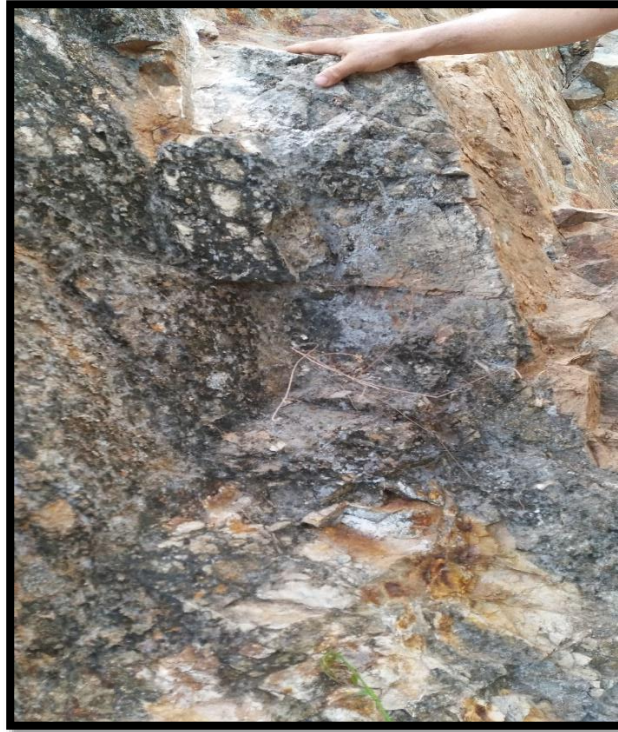


Foto 18. Muestra de mano del dique con relleno de carbonato de calcio en sus fracturas. (Coordenadas: 1519925N, 739899E).

- **Fases de fallamiento.**

En el área de fallamiento del municipio de Siuna- RACCN se definieron tres patrones de falla con direcciones NW-SE, NE-SW y N-S.

- **Falla cerró Potosí (NE-SW).**

Esta falla se encuentra localizada en el cerro Potosí el cual tiene una elevación de 198 m con coordenadas 1519995N; 739899E, con Az: 204°, buzando 80° con dirección hacia el SE. Su material es de tipo jaboncillo triturado, también se observó que la zona donde se encuentra la falla está bastante meteorizada (**Foto 19**).



Foto 19. Falla de tipo Normal ubicada en el cerro Potosí. (Coordenadas: 1519995N, 0739899E).

- **Falla Moskitòn (N-S)**

Esta falla se localiza sobre la zona de contacto de andesitas y limolitas en el cerro Potosí ubicado en el barrio Moskitòn es por ende el nombre de dicha falla, con Azimut de 166° , buzando 80° S. En las partes expuestas se puede observar abundante oxidación de limolita, sus rocas están muy fracturas, la zona se encuentra bastante meteorizada y cubierta de monte, sobre ella se encuentra un pequeño riachuelo que proviene del barrio Moskitòn que hace que el material sea más suave (**Foto 20**).



Foto 20. Zona de contacto de Andesitas y sedimentos. Falla de tipo normal Moskitòn. (Coordenadas: 1519336N, 739951E).

- **Falla Güergüero (NW-SE).**

La falla de Güergüero se localiza sobre el río Siuna, con azimut de 340° con un buzamiento de 62° , la falla interfiere sobre el contacto litológico del intrusivo Diorítico y Andesita del cerro potosí, la textura de sus rocas es de color gris oscuro con plagioclasas en formas de listoncillo.

Se tomó medidas sobre el intrusivo diorítico ubicado en cerro el Guergüero con azimut de 38° y un buzamiento de 60° , fracturado con un Az de 104° y un buzamiento de 70° se tomó la fractura más representativa ya que el intrusivo se encuentra sobre una zona meteorizada y a orillas de la carretera que se dirige hacia la finca de don José Rodríguez (**Foto 21**).



Foto 21. A- Dirección NW de la Falla el Güergüero. **B-**localización de la falla sobre el río Siuna, (Coordenadas: 740640E 1519887N).

- **Fracturas de Sitios de toma de muestra de agua.**

En la zona del caño La Gasolina (Arturo Urrutia), se hizo la toma de fracturas sobre el afloramiento de rocas de composición andesítica de la zona ya que era uno de los puntos mas representativos del área de estudio (**Foto 22**).

Fractura 1:	Fractura 2:
Az = 240°	Az = 220°
B= 38°	B= 70°.

Tabla 3. Rumbo y buzamiento de las fracturas del caño La Gasolina



Foto 22. Fracturas del afloramiento andesítico del caño La Gasolina (Arturo Urrutia). (Coordenadas: 738083E, 1518167N).

Este punto del Caño el Tiburón se hizo medidas de fractura en uno de los puntos más representativos, ya que solo se pudo observar que el terreno se encuentran fracturas, está compuesto en su mayor parte por diaclasas (**Foto 23**).

Fractura 1.	Fractura 2	Fractura 3
Az: 258°	Az: 228°	Az:258°
B: 72°	B: 80°	B: 76°

Tabla 4. Rumbo y buzamiento de las fracturas del caño el Tiburón.



Foto 23. Fracturas en afloramiento andesítico del caño el Tiburón (Coordenadas: 0739693E, 1517425N).

.3. Geomorfología.

La geomorfología es la representación del relieve formado por los cambios que sufren los materiales de la corteza terrestre. Los fenómenos que originan estos cambios pueden ser tanto internos (vulcanismo y tectonismo), como externos (meteorización, erosión, etc.) La geodinámica es el agente principal y permanente del modelado del relieve. A través de procesos erosivos y de sedimentación se generan relieves positivos o negativos que pueden tener grandes repercusiones cuando un fenómeno los afecta (BGR-SNET-INETER, 2005).

Desde el punto de vista geomorfológico Nicaragua se divide en cuatro Provincias Fisiográficas (Mc Birney, 1965), y en cinco Provincias Geológicas Estructurales (Hodgson et al., 1972). El área de estudio fisiográficamente se encuentra ubicada dentro de la Provincia de los Terrenos Altos del Interior de Mc Birney, (1965) y de acuerdo a Hodgson, (1972) en la Provincia Central, representada por rocas volcánicas de la serie de la Cordillera Isabelia.

La geomorfología del área se ubica dentro de las dos provincias geomorfológicas en que se divide el sector Atlántico, que son la Planicie Costanera del Atlántico y las Estribaciones Montañosas del Atlántico. Dentro de la Planicie Costanera del Atlántico se distinguen dos unidades geomorfológicas o sub provincias que son la Planicie Fluvial Intermedia y la Planicie Volcánica Intermedia Transición Colinar. En las Estribaciones Montañosas del Atlántico se distingue la unidad geomorfológica o subprovincia denominada Colinas y Montañas (Mc Birney 1965). A continuación, se describen las características más importantes de cada unidad geomorfológica.

- **Planicie volcánica intermedia, transición a colinas del Terciario (Pvi-T).**

Esta subprovincia se localiza a ambos lados de la carretera entre Siuna y el Empalme de Alamikamba. Es la parte más alta de la Planicie Costera del Atlántico, con elevaciones entre 20 y 200 m.s.n.m. El relieve es ligeramente ondulado a fuertemente ondulado, con pendientes de 1% a 15 %. Las pendientes son irregulares y bastante disectadas. El área está seccionada por una red abundante de drenaje natural, que favorecen el escurrimiento superficial, eliminando el exceso de agua de lluvia, aún en los meses de mayor precipitación, donde se realizó una prueba de campo con una distancia horizontal de 5 m y 0.75 m en la vertical, haciendo uso de la siguiente formula: **D. Vertical / D. horizontal * 100%** para hacer la clasificación de las pendientes (**Foto 24**).



Foto 24. Cerro La Gasolina con morfología intermedia a colinas del Terciario con pendiente de 15%, (coordenadas: 739268E, 1518880N).

- **Colinas y montañas (Cmv-T).**

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por tener un relieve moderadamente escarpado a muy escarpado con pendientes de 15% a 50% o más. Se encuentran en una posición relativamente alta, en forma de cordilleras, montañas o colinas aisladas, con elevaciones normalmente comprendidas entre 100 y 700 m.s.n.m.

El tipo de drenaje estructural es variado, dominando el reticular, angular y en menor cantidad el dendrítico. Muchos antiguos aparatos volcánicos, en forma de cono, tienen el tipo radial.

La topografía del área de Siuna comprende topografía plana a ondulada ligeramente accidentada con elevaciones que varían desde los 100 hasta los 140 msnm en las partes más bajas. Mientras que topografías moderadamente empinadas compuestas por cerros alargados algo escarpados, alineados en una dirección SE-NW con elevaciones desde 160 hasta 350 msnm, son característicos de los cerros Aeropuerto, Potosí, URACAN y Güergüero; que comprenden las áreas de mayor elevación dentro de la concesión. El tipo de drenaje es paralelo con direcciones NW-SE, de cauces anchos (entre 6 hasta 15 m) poco profundos y escaso caudal generando áreas con depósitos aluviales planares hacia el límite S. **(Foto 25).**



Foto 25. Cerro el Coyal geomorfología de tipo colina a montaña con pendiente de 50% a más. (Coordenadas: 0738331E, 1518501N).

.4. Método empleado para aforar

Toma de muestras de agua en la microcuenca del río Siuna y sus afluentes.

El aforo líquido es la medición del volumen de agua que pasa por una sección transversal de un río en la unidad de tiempo. El aforo debe realizarse detenidamente, de manera que su resultado permita determinarse sobre las alteraciones de las condiciones del escurrimiento (sección transversal, pendiente del eje hidráulico, rugosidad, etc.). (CBX Nicaragua S.A 2018). El aforo de los ríos y quebradas se realizó con molinete hidrométrico C31 10.001, hélice 1 y marca OTT. El molinete mide velocidades que oscilan entre 0.025 m/s – 10 m/s y se acopló a un contador digital Z400 (**Foto 26**).



Foto 26. Molinete hidrométrico C31 equipo utilizado para determinar la velocidad del agua.

- **Métodos para determinar la calidad del agua.**

Para el análisis de los parámetros en las aguas superficiales se realizaron controles de calidad tales como: muestras de campo en duplicado, blanco de laboratorio, blanco de laboratorio enriquecido y muestra enriquecida siguiendo los lineamientos descritos en los procedimientos de determinación analítica. En paralelo, se realiza el control instrumental según el manual de uso, mantenimiento, calibración y control de equipos del laboratorio.

Los límites de detección (mg/L) (positivo/<4) de las técnicas y parámetros medidos para el análisis de la calidad del agua se describen a continuación: sólidos suspendidos totales (1,000), sólidos sedimentables (1), aceites y grasas (15), coliformes totales (<4) y coliformes fecales (Negativo).

A continuación, se realiza un análisis general de la composición química de las aguas con base a los resultados de los laboratorios:

En la (**Tabla 5**) se observan los parámetros medidos en las fuentes de aguas superficiales, y los métodos y equipos utilizados para el análisis de la calidad del agua. La metodología analítica utilizadas por los laboratorios se encuentran definidas en el Methods for the Examination of Water and Wastewater 20/21va. Edition (2000/2005).

Parámetros	Método /Equipo utilizado		
pH	4500.H B. Método electrométrico		WTW, Modelo 330i-Hach SensION3+pH3
Conductividad eléctrica y temperatura	2510B. Método conductimétrico		WTW Modelo 3110-Fisher Scientific W/Rs 232
Sólidos sedimentables	2540F. Análisis volumétrico en Cono Imhoff		
Sólidos suspendidos totales	2540D. Método gravimétrico. Secados a 103 °C - 105 °C		
Aceites y grasas	5520B. Método gravimétrico. Partición con n-hexano		
Coliformes fecales	9221B. Técnica estándar de fermentación para coliformes totales		
Coliformes totales	9221E. Procedimiento para coliformes fecales (Medio EC)		

Tabla N°5.

Descripción de los métodos y parámetros utilizados para el muestreo de agua.

La evaluación de la calidad del agua se realiza mediante una serie de análisis de laboratorio dirigidos a conocer cualitativa y cuantitativa, las características físicas, químicas y biológicas más importante que puedan afectar su uso real y potencial, como el tipo y grado de tratamiento requerido para un adecuado acondicionamiento.

A fin de garantizar la confiabilidad de los resultados, que arrojen tales análisis de laboratorio, las técnicas y procedimientos deben de haber sido cuidadosamente desarrollados, evaluados y con los niveles de sensibilidad requeridos, además deben de

establecer un conjunto de normas y procedimientos para la correcta captación traslado de muestra de agua.

En la mayoría de los casos la falta de sistema de alcantarillado sanitario domésticos y pluvial, obliga a que los habitantes descarguen las aguas residuales domiciliarias directamente hacia los cauces naturales. Por otro lado, la basura recolectada en el casco urbano de Siuna es depositada a cielo abierto, sin considerar ningún tipo de tratamiento o tecnología para el depósito de basura (relleno sanitario).

En algunos casos la basura es descargada en los ríos (FUNICA, 2009; MARENA, 2010). Por consiguiente, puede ser una de las principales causas que influyen en la alta carga de sólidos sedimentables en los cuerpos de agua y de igual modo, incide en la presencia de grasas y aceites en las fuentes superficiales.

4.5. Análisis Físico-químico.

La empresa minera Calibre Mining Corp. S.A. Ha cuantificado 332 sitios donde se ha desarrollado minería artesanal en el municipio de Siuna, en donde 57 sitios se localizan sobre la microcuenca del río Siuna utilizando diferentes técnicas de extracción y procesamiento del material extraído, alterando de cierta forma la calidad del agua. Es por tal razón que se hizo la selección de 7 sitios principales sobre las aguas superficiales del río Siuna para el muestreo de análisis Físico-químico y bacteriológico con los siguientes parámetros, Bacteriológico: Coliformes totales y coliforme fecales (**Anexo 2**). Físico-químico: pH, Conductividad eléctrica, aceites y grasas, sólidos sedimentables, sólidos disueltos totales (**Anexo 3**)

De acuerdo con los resultados obtenidos del laboratorio de cada una de las pruebas de agua realizadas sobre el área de estudio se pudo realizar una comparación con las Normas **CAPRE, primera edición 1993**, y **Normas Jurídicas de Nicaragua, Decreto N. °21-2017 (Anexo 4 y 5)**, para así poder clasificar los valores admisibles de cada uno de los sitios y poder designar con seguridad cual es el sitio que presenta mayor afectación (**tabla N.º 6**).

1. San Pablo (Rio Siuna, coordenadas: 1518081 N; 740655 E).

Este sitio se localiza en la comunidad de san pablo siendo este el río principal, pasando por el barrio pedro Joaquín Chamorro sector #1 y #2 del municipio de Siuna, no se encuentran letrinas cercanas al rio, pero sirve como vertedero de desechos sólidos.

Los resultados obtenidos en las pruebas de los parámetros físico-químicas son: pH 7.6 conductividad Eléctrica: 621 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estos valores sobrepasan el límite admisible según las normas establecidas por (CAPRE, 1993), el valor de los Sólidos sedimentables se encuentra bajo el rango del valor admisible de 12.7 mg/L, el valor de los sólidos disueltos se encuentra en un rango de límite de detección el cual no afecta la salud de la población. De acuerdo a los resultados bacteriológicos sobre pasa el valor admisible siendo este positivo en ambos análisis.

2. Rio Siuna (aguas arriba, Coordenadas: 1552725 N; 797087E).

Este sitio de muestreo se encuentra localizado en la parte alta de río Siuna, localizado en el cerro el Guergüero en donde se encontraron muestras de heces fecales a las orillas del río, contenidos químicos como: jabón y detergente, se pudo observar que la gente aún tiene la costumbre de lavar ropa y bañarse en el río.

Los resultados obtenidos en las pruebas de agua de los parámetros físico químico son: Ph- 7.6, conductividad oscila entre los 299.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos sedimentales y sólidos disueltos que oscilan entre 3.75-1815.7 mg/L.

Según los resultados bacteriológicos el sitio de estudio se encuentra en los rangos positivos de coliformes fecales y coliformes totales. Siendo esta no apta para consumo.

3. Rio Siuna (aguas abajo, coordenadas: 1517781 N; 740285 E).

Este sitio se localiza en la comunidad de san pablo siendo uno de los puntos más afectado del río Siuna debido a que todas las descargas de desechos sólidos, grasas y aceites son arrastradas por sus aguas desde la parte alta del río, de igual forma toda el agua de los otros afluentes van a desembocar a la parte baja del rio acumulándose la mayor contaminación en este punto.

Los resultados obtenidos en la prueba de agua de los parámetros Físico-Químicos son: pH 7.0, conductividad 901 μ S/cm, sólidos sedimentales y sólidos suspendidos oscilan en un valor de 47.5-3868.7 mg/L.

Los rangos del análisis bacteriológico están en positivo según el valor admisible de las normas CAPRE.

4. La Gasolina (coordenadas: 1518160 N; 0738087 E).

Este sitio de muestreo de agua se localiza en la comunidad la gasolina exactamente en la finca de quien fue del Sr Arturo Urrutia, en el cual no se encuentra letrinas cercas del afluente ni punto de mineros artesanales, solo se pudo observar que sus aguas contenían químicos como: jabón y detergente ya que el riachuelo lo utilizan como punto de lavandería y uso doméstico.

Los resultados obtenidos en la muestra de agua de los parámetros Físico- Químicos son: pH 6.9 considerándose aún como aguas naturales, pero no apta para consumo ya que presenta un sabor fuerte como a hierro, conductividad 336 μ S/ cm el cual se encuentra bajo el valor recomendado según las normas CAPRE; sólidos sedimentales y sólidos disueltos oscilan entre 0.1-1.2mg/L se encuentra bajo el valor máximo admisible.

De acuerdo con los resultados bacteriológicos este sitio es uno de los que presenta menores valores, pero siempre se encuentra entre el valor positivo.

5. Cerro el Coyol (coordenadas: 1519435 N; 738243 E).

El punto de muestreo se encuentra ubicado en la finca de Antonia Flores, sobre la cual pasa uno de los afluentes del río Siuna, en esta área de estudio no se observó la presencia de letrinas cercanas al río, pero si se observó a sus alrededores puntos de mineros artesanales y corrales de ganado cerca de las orillas del río, heces fecales de ganado y aguas con contenidos de detergente y jabón.

Los resultados obtenidos en las pruebas de agua de los parámetros Físico- Químicos son: pH 7.5, conductividad tienen un valor de 97.10 μ S/cm el cual está por debajo del valor recomendado sólidos sedimentables y sólidos disueltos oscilan entre los 0.1-144.4 mg/L.

De acuerdo con los resultados bacteriológicos obtenidos el afluente ubicado en el cerro el Coyol tiene valores Positivos que pasa el límite admisible según las normas CAPRE.

6. El Tiburón (coordenadas: 1516990N; 739494E).

El punto de muestreo El Tiburón es uno de los afluentes más cercanos a solo 1 km de distancia del río San Pablo, este punto pasa por la finca del Sr Daniel Herrera, donde se observó la presencia de desechos sólidos, letrinas y corrales de ganado cerca de sus aguas, observando también heces fecales de animales, cerca del sitio de muestreo se encuentra localizado uno de los puntos de mineros artesanales.

Los resultados en la muestra de aguas de los parámetros Físico –Químicos son: pH 7.9 aún se considera entre los rangos del límite permisible para aguas naturales, conductividad 582 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos los valores son de 0.1-272.5 mg/L.

Según los resultados obtenidos de bacteriología los valores de coliformes fecales y coliformes totales son valores positivos los cuales sobrepasan el límite de admisible según las normas CAPRE.

7. Quebrada el Mamòn (coordenadas: 1516158 N; 740415 E).

Este sitio se localiza sobre la finca del Sr Sixto Ruiz, las muestras de agua fueron tomadas en época seca por lo que su escorrentía era lenta, se observó contenido de jabón y detergente en sus aguas y cerca del riachuelo se encontraba un corral de ganado, en este punto no se encontraba mineros artesanales.

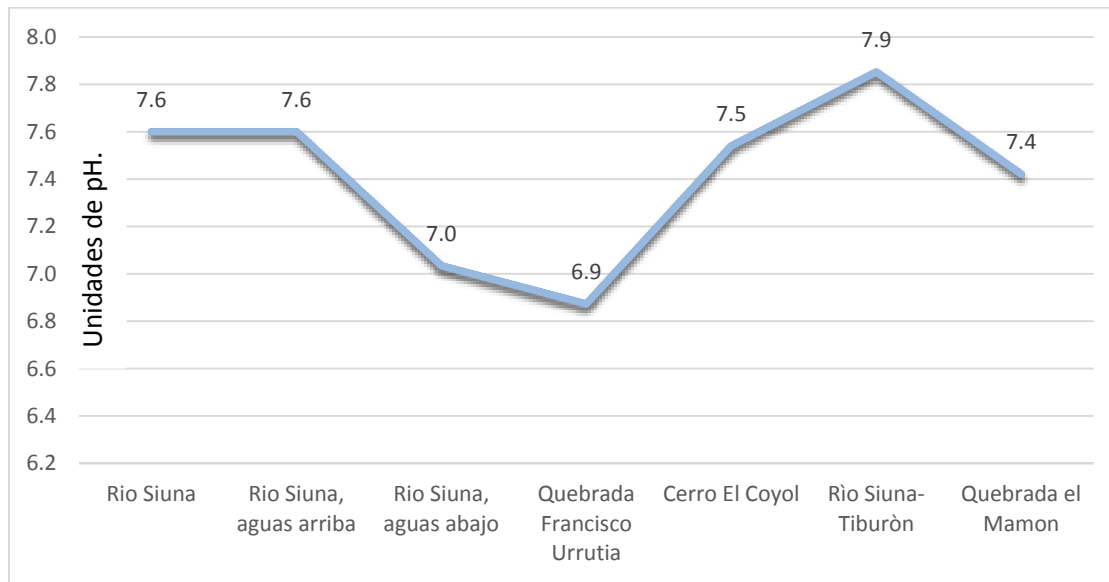
Los resultados de la prueba de agua de los parámetros Físico – Químico son: pH 7.4, conductividad de 106 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que está por debajo del valor permisible de acuerdo a las normas CAPRE, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos según los resultados obtenidos los valores oscilan entre 0.3-373.8 mg/L.

De acuerdo con los resultados bacteriológicos el sitio se encuentra por encima del valor recomendado dando este positivo a las pruebas realizadas.

- **pH de las aguas superficiales del río Siuna y sus afluentes**

El pH de las aguas naturales en los puntos de muestreos del río Siuna oscila entre 6.9-7.9 con un valor promedio de 7.4 consideradas como aguas neutras (**Gráfica 1**). Los valores de pH registrados son variables, pero la mayoría se encuentran entre los rangos normales que presentan las aguas naturales (Plumlee et al., 1999).

Gráfica 1. Distribución de los valores de pH en aguas superficiales

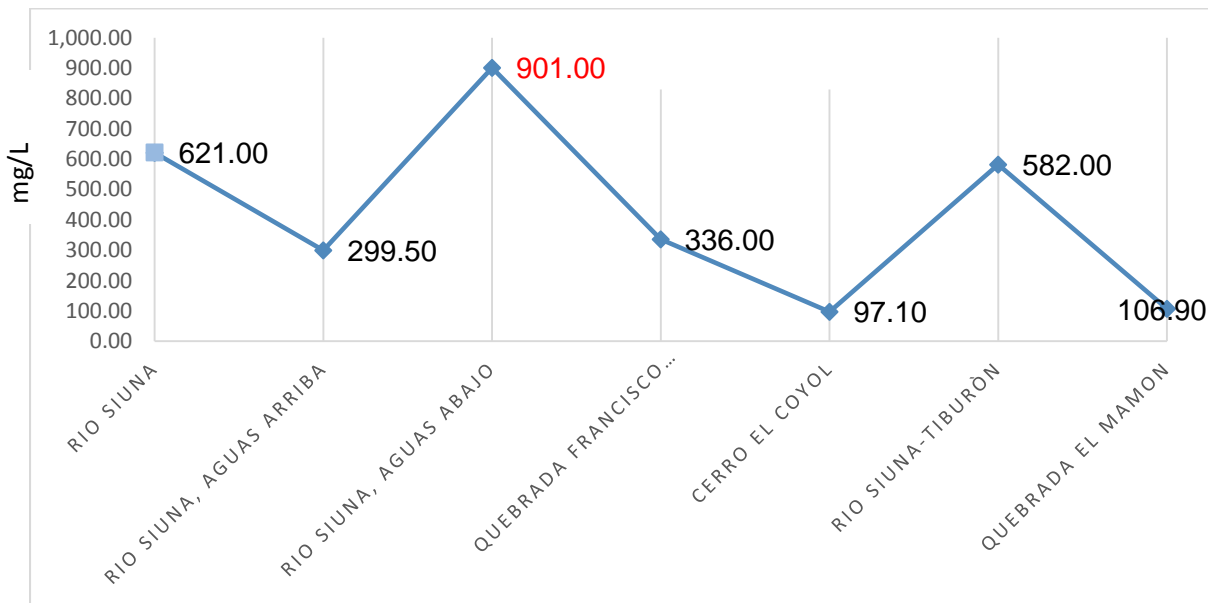


Los valores de pH dependen en cierta medida de la geología del cauce natural por donde circula el flujo de agua o río, la época climática del año, así como, de la mineralogía de la roca (Apello y Postman, 2005; Méndez-Ramírez y Armienta-Hernández, 2012). Sin embargo, existen algunos sitios de muestreo o fuentes de aguas que se encuentran afectadas por la influencia de la actividad antrópica.

- **Conductividad eléctrica.**

La conductividad eléctrica es un parámetro que se utiliza para medir indirectamente la alteración de agua por efectos de la actividad antrópica (CXB Nicaragua S.A). En la (**Gráfica 2**) se puede observar que los valores de conductividad eléctrica varían entre los diferentes sitios monitoreados de la microcuenca del río Siuna, los cuales oscilan entre los 97.10µs/cm - 901µs/cm.

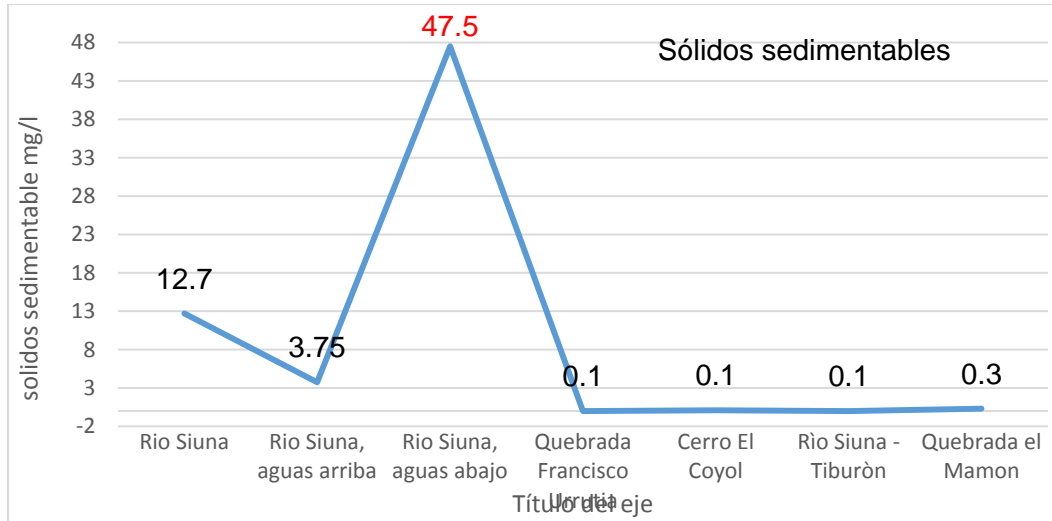
Los sitios que presentan altas conductividades eléctricas con respecto a otros puntos de muestreo se deben a la influencia directa de la actividad antrópica, ya que tres de los afluentes del río sus aguas son alteradas debido a que la gente se dedica a la extracción de oro de manera artesanal los cuales son Rio Siuna, San pablo aguas abajo y Rio Siuna-El Tiburón.



Gráfica 2. Comportamiento de los valores de conductividad eléctrica en aguas superficiales.

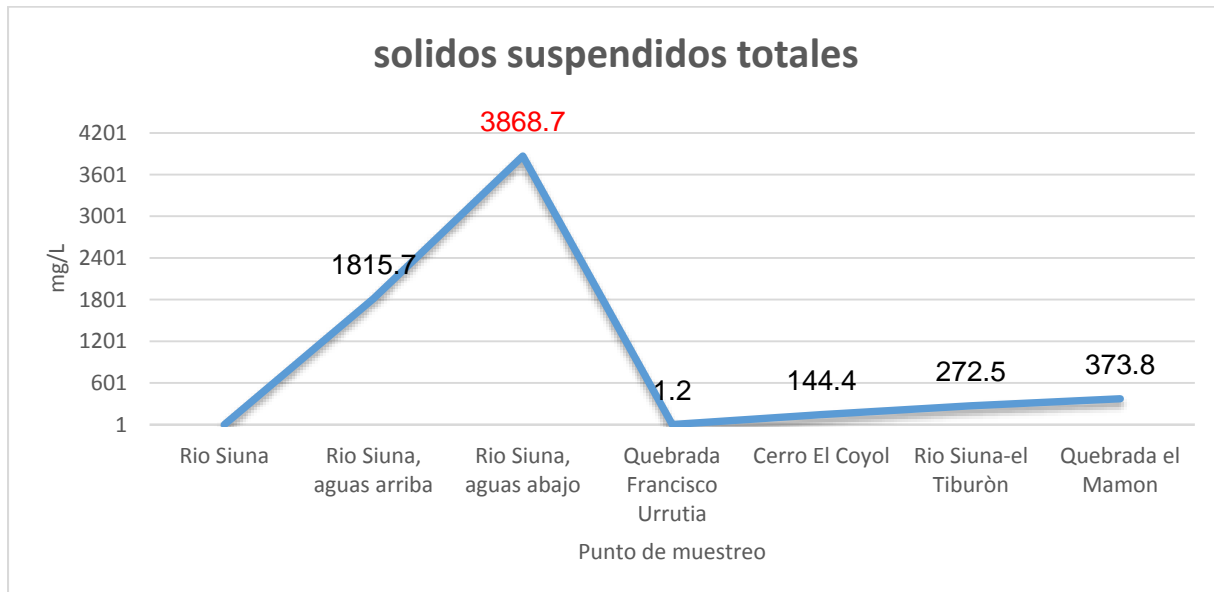
- **Sólidos Sedimentables y Solidos Suspendidos totales**

En lo que respecta a los sólidos sedimentables las concentraciones oscilan entre 0.10 mg/L y 47.5mg/L. De igual modo, los sitios que presentan los valores más altos de partículas gruesas sedimentables son las aguas del río Siuna en la parte baja. (CXB Nicaragua S.A ,2018). El valor mayor de 47 mg/L que corresponden al sitio de la parte baja del río Siuna, pudieran ser considerados como anómalos con respecto a las otras concentraciones registradas en las aguas superficiales (**Grafica 3**).



Gráfica 3. Concentración de sólidos sedimentables en aguas superficiales.

Las concentraciones de sólidos suspendidos totales que son partículas más finas no presentan el mismo comportamiento que los sólidos sedimentables. Los contenidos de sólidos suspendidos totales oscilan entre 1.2 mg/L – 3868.7 mg/L. (**Gráfica 4**).



Gráfica 4. Concentración de sólidos suspendidos totales en aguas superficiales.

La mayoría de los sitios de muestreo presentan valores normales para aguas naturales. Sin embargo, pudiera ser que algunos sitios se encuentren impactados por actividades antropogénicas o malas prácticas de manejo de suelo entre estas tenemos el descontrol que tienen los mineros artesanales con el uso de material, los desechos sólidos que

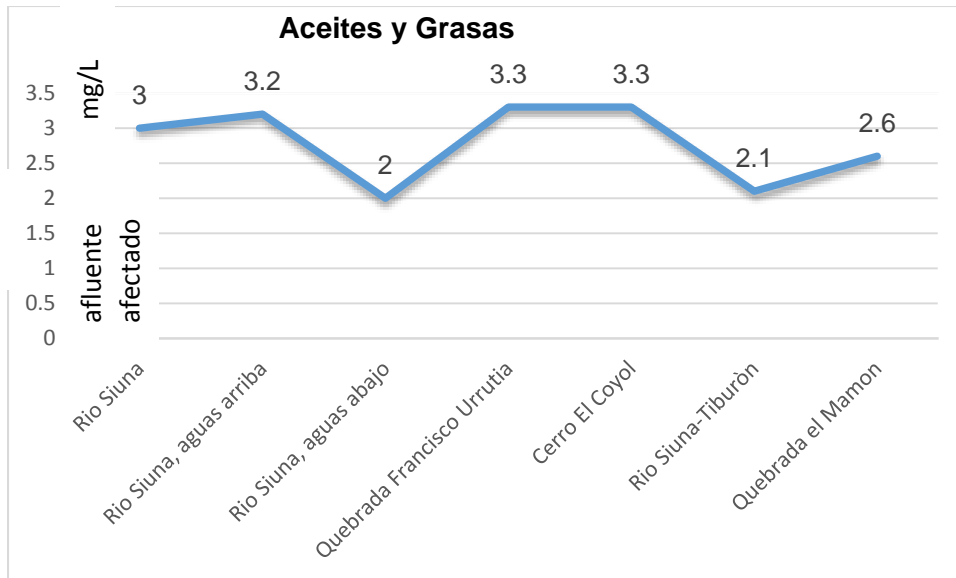
generan a diario acumulándolos a las orillas de los ríos, también el uso de insecticidas entre otros químicos.

En invierno, la escorrentía superficial aumenta y consigo trae altas cargas de sedimentos siendo arrastrado de la parte del río que pasa por el municipio de Siuna en el barrio Pedro Joaquín Chamorro, pudiendo causar algunos valores altos con respecto al resto de sitios de muestreo.

En la mayoría de los casos la falta de sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, obliga a que los habitantes descarguen las aguas residuales domiciliarias directamente hacia los cauces naturales. Por otro lado, la basura recolectada en el casco urbano de Siuna es depositada a cielo abierto, sin considerar ningún tipo de tratamiento o tecnología para el depósito de basura (relleno sanitario). En algunos casos la basura es descargada en los ríos. Por consiguiente, puede ser una de las principales causas que influyen en la alta carga de sólidos sedimentables en los cuerpos de agua y de igual modo, incide en la presencia de grasas y aceites en las fuentes superficiales.

- **Grasas y aceites**

Las grasas y aceites en las aguas superficiales monitoreadas oscilan entre 2 mg/l y 3.3 mg/l, con un promedio de 2.6 mg/l (**Gráfica 5**). En condiciones naturales las aguas superficiales no deberían presentar contenidos de grasas y aceites. Sin embargo, se utiliza como indicador para medir el grado de contaminación por usos industriales y humanos. La determinación de grasas y aceites incluye ácidos grasos, jabones, grasas, ceras e hidrocarburos, entre otros. (CXB Nicaragua S.A 2018).



Gráfica 5. Concentraciones de grasas y aceites en aguas superficiales.

Las fuentes de la concentración de grasas y aceites registrada en las aguas superficiales pueden deberse al lavado de vehículos pesados, livianos y motos, ya que la microcuenca pasa por orillas de casas particulares y fincas. Generalmente la gente que vive en las comunidades tiene la costumbre de lavar la ropa en el río haciendo uso de detergente y jabón, dejando así mismo bolsas plásticas y botellas sobre el riachuelo.

De igual modo, en las orillas de los ríos se localizan motobombas para achicar las calicatas de los mineros artesanales haciendo uso de grandes cantidades de aceites ya que están de 7 a 9 motobombas en el sitio uno de los lugares con mayor afectación es en la comunidad de San pablo donde cada uno de los colectivos tiene motobombas **(Foto 27)**.



Foto 27. Uso de motobombas y aceites en comunidad de San Pablo. (Coordenadas: 739481E, 1516990N).

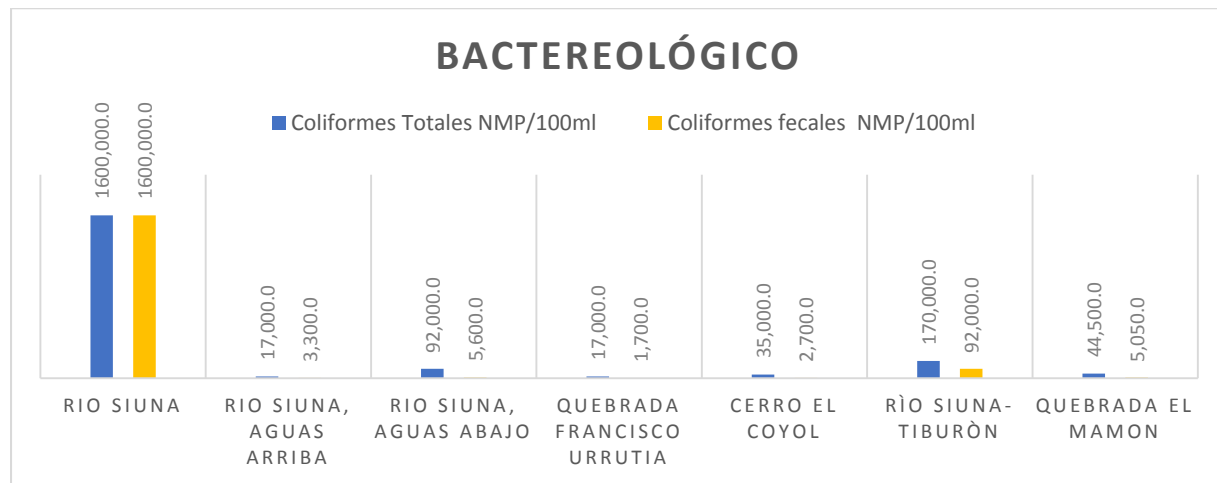
Tabla N.º 6. parámetros Físico-Químicos del Río Siuna.

Parámetro	Unidad de medida	Nombre de los puntos de muestreo							Valor máximo admisible	valor admisible. Norma JDN.
		Río Siuna. Junio.	Río Siuna(arriba) Abril.	Río Siuna (abajo) Abril.	La Gasolina. Abril.	El Coyol. Abril.	El Tiburón. Mayo.	El Mamón. Abril.		
pH	Unidad de pH	7.6	7.6	7	6.9	7.5	7.9	7.4	6.5 a 8.5	
Conductividad	µS/cm	621.00	299.50	901.00	336.00	97.10	582.0	106.9	400	
Sólidos Disueltos	mg/L	0.2	1815.7	3868.7	1.2	144.4	272.5	373.8	1000	
Sólidos sedimentables	mg/L	12.7	3.75	47.5	0.1	0.1	0.1	0.3		1
Aceites/Grasas	mg/L	3	3.2	2	3.3	3.3	2.1	2.6		15

Nota: Los valores que se resaltan de color rojo significa que están por encima del valor máximo admisible según las Normas CAPRE, edición N°1993.

.5. Bacteriológico

En las aguas se midieron el número más probable (NMP) de coliformes totales y coliformes fecales para medir la contaminación fecal. Los valores oscilan entre 8.0 NMP y 35000000.0 NMP (coliformes totales) y 8.0 NMP – 2100000.0 NMP (coliformes fecales). En este sentido, los rangos de coliformes totales son mayores que los detectados para coliformes fecales (**Gráfica 6**) (CXB Nicaragua S.A ,2018).



Gráfica 6. Coliformes totales y coliformes fecales en aguas superficiales.

Mediante el análisis bacteriológico se logró identificar que la mayoría de fuentes de aguas superficiales se encuentran gravemente afectadas por la presencia de coliformes fecales y coliformes totales, debido a que las letrinas se encuentran cercanas a las fuentes de aguas superficiales y sin ningún tipo de control que pueda evitar el transporte de las bacterias (generadas por las excretas) hacia las aguas subterráneas y aguas superficiales. Por otro lado, las personas defecan al aire libre y por consiguiente el transporte hacia los ríos y quebradas a través de la escorrentía superficial es mayor con respecto al transporte por flujo subterráneo, que transporta las excretas de las letrinas (**foto 28**).

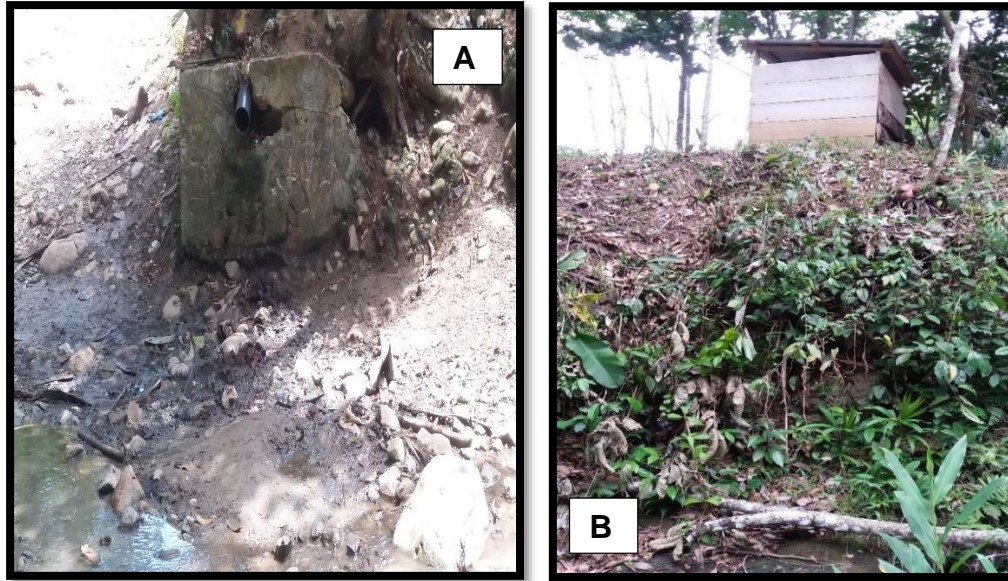


Foto 28. A-Tuberías de sumideros y **B-** Letrinas a orillas de los afluentes

En el casco urbano y la zona rural del municipio de Siuna, no se cuenta con sistema de alcantarillado sanitario y pluvial. Es decir, que la mayor parte de la población carece de servicio de aguas negras y por consiguiente la mayoría de habitantes proceden a la construcción de letrinas. La costumbre del fecalismo al aire libre o en el río es generalizado. Las excretas y desperdicios orgánicos son depositados al aire libre (**Foto 29**). Por lo tanto, es la principal causa de contaminación fecal de las fuentes de aguas superficiales y se comprobó con los resultados de los análisis bacteriológicos (**tabla N.º 7**).



Foto 29. Excretas al aire libre a orillas del río Siuna. (Coordenada: 1516990N, 739494E).

Análisis Bacteriológicos.

Tabla N.º 7. parámetros Bacteriológicos del río Siuna

ID		FUENTE: RÍO SIUNA							Valor máximo admissible Norma CAPRE
Parámetro	Unidad	Río Siuna	Río Siuna (arriba)	Río Siuna (abajo)	La Gasolina	El Coyol	El Tiburón	El Mamón	
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1,600,000.0	17,000.0	92,000.0	170,000.0	35,000.0	170,000.0	44,500.0	≤4
Coliformes fecales	NMP/100 ml	positivo	positivo	positivo	positivo	positivo	positivo	positivo	Negativo

Nota: los Valores que resaltan en color celeste Significa que están por encima del valor máximo admisible de acuerdo con las Normas CAPRE, edición N°1, 1993.

4.6. Plan de acción para mitigar la contaminación del recurso hídrico de la microcuenca del río Siuna.

La contaminación de la microcuenca del río Siuna debe de ser una prioridad ante las autoridades de este municipio, debido a que muchos pobladores se abastecen de su agua sin saber el grado de afectación que contienen causando daños al organismo de las personas, es por tal razón que se debe crear un plan de acción para presentarlo ante las autoridades de la comunidad y presentar el estudio ante la población afectada.

Tema: Presentación de los resultados del análisis fisicoquímico y bacteriológico realizado en la microcuenca del río Siuna.

Fecha de realización del estudio: Marzo 2018.

Tipos de participantes.

Alcaldía Municipal de Siuna.

EMAPSA. (Empresa del agua potable Siuna)

MARENA.

INTA.

MEFCA.

Empresa minera Calibre Mining Corp. (CXB Nicaragua S.A).

Pobladores de las comunidades aledañas a la microcuenca.

Objetivo de la reunión.

Informar a los actores claves sobre el estudio que se realizó en las aguas superficiales del río Siuna como tema de tesis de investigación junto como la empresa minera **CXB, Nicaragua. S.A**, e informales sobre los resultados que se obtuvieron en lo que respecta a la calidad físico-químico y bacteriológico del río Siuna.

Actividades a desarrollar en la reunión.

1. Realizar una breve introducción sobre cómo funcionan las cuencas hidrográficas.
2. Hacer una actividad con la población afectada que ayude a comprender el funcionamiento y la importancia de este elemento, para así mantener un río limpio y reducir el incremento de personas enfermas en el municipio. Actividad a realizar:

Materiales: para cada grupo, una hoja grande de papel, un recipiente u olla, agua y Lápices de color o bolígrafos de color a base agua.

Actividad: organizar a los participantes en grupos de 3 a 5 personas. Explicarle el procedimiento de la dinámica, luego de concluida la actividad, reunirse todos y dar sus observaciones, para discutir las siguientes preguntas:

1. ¿Qué problemas de salud pueden surgir para los habitantes río abajo a causa de la escorrentía de los basureros y de los plaguicidas?,
2. ¿Qué cambios cree que su comunidad sufrirá si se dañan las cuencas hidrográficas?,
3. ¿Qué medidas podría tomar su comunidad para proteger o rehabilitar la cuenca?

Actividades Finales para la planificación del plan de acción

- A. Exponer sobre los beneficios de proteger la microcuenca de la comunidad.
- B. Planificación de un proyecto comunitario para el mejoramiento de la microcuenca.
- C. Crear un comité ambiental con los pobladores de la comunidad afectada.
- D. Organizar reuniones comunitarias, dirigidas por el comité donde ellos junto con el apoyo de las instituciones y CXB, Nicaragua, S.A, puedan explicar la situación y entre todos buscar una solución.
- E. Realizar un plan de acción o recomendaciones que ayude a mejorar la problemática de la microcuenca.

Conclusión de las actividades.

Con el apoyo de las instituciones y de la empresa minera Calibre Mining Corp, Nicaragua, S.A (CXB), se puede lograr a incentivar a los pobladores de la comunidad, que juntos y cumpliendo el plan de acción sugerido se puede lograr mejores resultados para el

mejoramiento de la calidad del agua de la microcuenca del río Siuna. Ya que es importante que los pobladores ayuden al mejoramiento de las aguas para que conozcan cual difícil es y la importancia de cuidar los recursos naturales en especial el agua.

4.7. Propuestas de mitigación a la contaminación del agua.

1. No cortar la vegetación cerca de las fuentes de agua.
2. Cuidar los arboles jóvenes y reforestar las zonas con pocos árboles, en particular cerca de las fuentes de agua.
3. Instalar viveros comunitarios para la reforestación.
4. Organizar grupos encargados del control de incendios forestales. Enseñar a los agricultores del lugar a no quemar sus campos, o a controlar los fuegos.
5. Cercar las fuentes de agua y poner letreros que digan “Área protegida”.
6. Pedir a los agricultores usar abonos ecológicos, sembrar en curvas de nivel, reciclar los residuos y construir muros de contención para conservar el suelo.
7. Desestimular el uso de plaguicidas y fertilizantes químicos.
8. Trabajar con el gobierno local y las comisiones del agua para trasladar los sanitarios, los sistemas de tratamiento de aguas negras y las áreas de lavandería a lugares alejados de las fuentes de agua.
9. Organizar la recolección de basura, y evitar que se vacíe en los arroyos o ríos.
10. Trasladar el ganado lejos de las fuentes de agua, y marcar las áreas donde el ganado no debe pastar.
11. Asegúrese de que las personas recién integradas a la comunidad y los negocios nuevos estén informadas sobre la cuenca y como pueden colaborar en cuidarla.

Capítulo V. Conclusiones.

De la información obtenida de la etapa de campo y de la captación de agua por cada uno de los afluentes del río Siuna se resaltan las siguientes conclusiones.

- ✓ De acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos con los que se evaluó la calidad del agua del río Siuna, se determinó que el agua no es apta para consumo humano y que 5 de los puntos presenta contaminación moderada con contenidos de coliformes fecales y otros desechos orgánicos generados por la población y la cantidad de animales que se encuentran cerca de las zonas aledañas al río, sobrepasan el límite de lo permisible.
- ✓ De los resultados obtenidos de cada una de las muestras de agua para el análisis físico-químicos, se determinó que dos de los puntos de captación de agua son los más afectados siendo este Río Siuna y San Pablo abajo, donde los valores están por encima del valor admisible según la Normas CAPRE y Normas Jurídicas de Nicaragua.
- ✓ Se determinó que la mayor contaminación se da debido a la minería artesanal, ya que estos utilizan motobombas derramando residuos de aceites y grasas sobre las aguas del río, siendo san pablo uno de los principales afluentes del río Siuna.
- ✓ El agua de la microcuenca del río Siuna, nunca ha recibido tratamiento para mejorar su calidad, es por tal razón que la mayoría de la gente que consume agua de la microcuenca padece de problemas intestinales y diarreas agudas.
- ✓ Se reconocieron 6 unidades litológicas donde se determinó que la unidad más antigua son rocas sedimentarias (Kms). seguida por una secuencia de rocas volcánicas
- ✓ Es necesario poner en práctica lo más ante posible el plan de acción propuesto en dicho trabajo de investigación, para mejorar o mitigar la problemática del río.

VI. Recomendaciones.

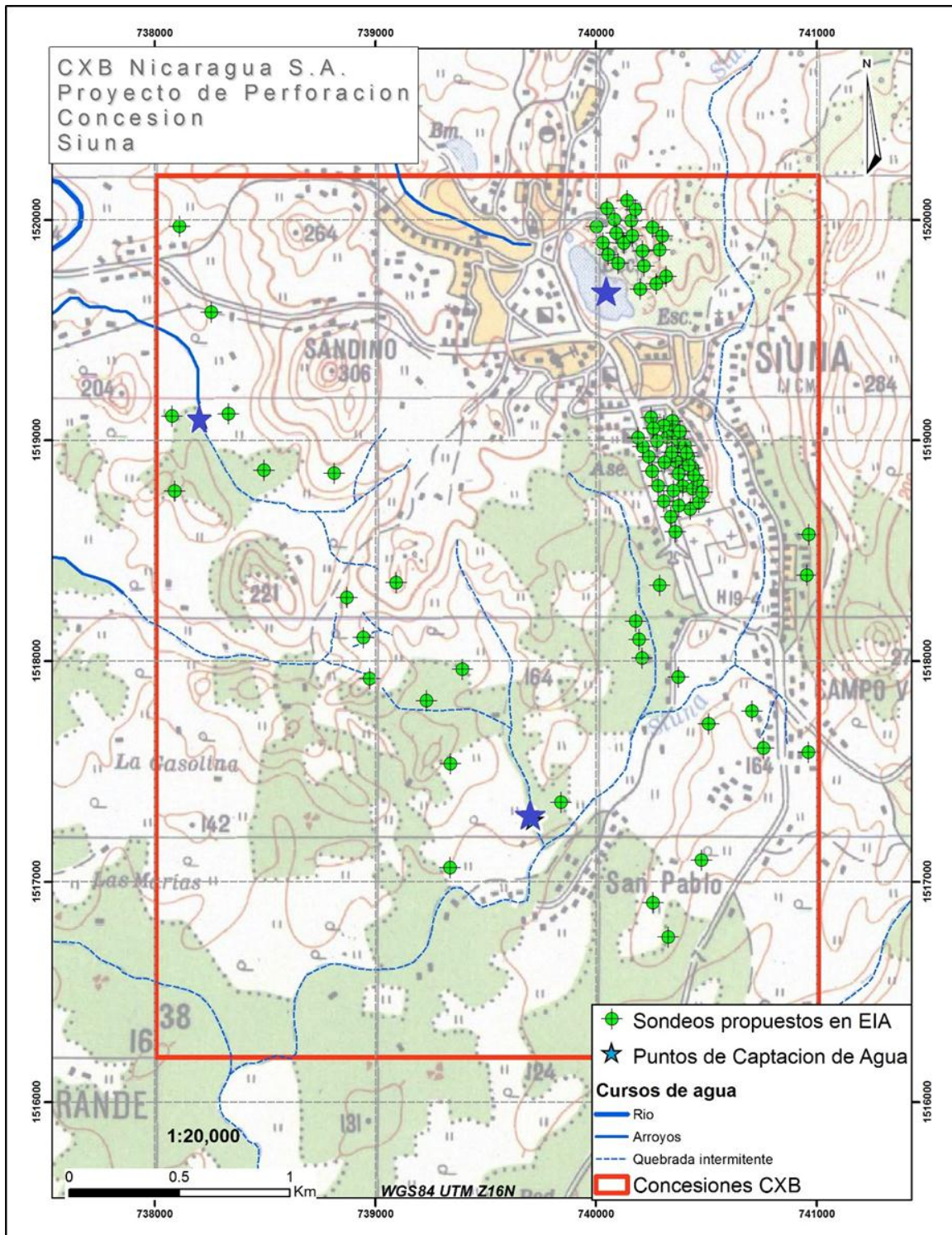
- Realizar un análisis fisicoquímico más detallado con los siguientes parámetros: Cloruros Residual, Cloruros, Dureza y elementos como: Aluminio, Calcio, Cobre, Magnesio, Sodio, Potasio y Zinc.
- Poner en práctica el plan de acción propuesto en dicho trabajo, para mitigar lo más pronto posible la contaminación en la microcuenca del río Siuna.
- Capacitar a los diferentes grupos de mineros artesanales en temas relacionados con el manejo de los recursos naturales.
- Capacitar a los mineros artesanales para asesorarlos de la importancia del uso de materiales de protección personal.
- Proponer a la alcaldía municipal realizar fosas sépticas en los lugares en los cuales no se cuenta con sistema de alcantarillado de igual manera informarles a los mineros artesanales de la importancia de construir una pila séptica para que depositen el material extraído contaminado lejos de las aguas del río Siuna.
- No talar especies presentes laterales a los drenajes naturales.
- Construir los corrales y pilas de almacenamiento de agua para animales a una distancia no menos de 25 metros y de preferencia en terrenos más bajos con respecto a la ubicación de los afluentes.
- Desinfectar el agua por medio de químicos (cloro o yodo) agregando dos gotas por cada litro de agua, mezclándola y dejándola reposar durante 30 minutos antes de utilizarla, o bien, si se utilizan pastillas de cloro, usar una para cada litro de agua, dejándola reposar una hora mínimo antes de utilizarla. Y almacenarlas en recipientes limpios bien cubiertos y no corrosibles.
- Realizar monitoreos constantes a las aguas de los puntos más afectados para así evitar mayor contaminación y enfermedades intestinales en la población afectada.

Capítulo VII. Bibliografía.

- Alcaldía de Siuna. (2005). realizó propuesta de mejoramiento del agua potable en los pozos de abastecimiento del municipio de Siuna.
- Alcaldía Siuna. 2016). Realizo un censo Municipal para reconocer las condiciones económicas de la población del casco urbano y rural de la zona.
- Appelo, C. A. J., Postman, D. (2005), Geochemistry, groundwater and Pollution. Rotterdam, Netherlands, AA Balkema, Segunda Edición.
- CATIE. (2005). Estudio agroecológico en el municipio de Siuna para siembra de cacao.
- CXB, Nicaragua. S.A. (2017). prospección geológica y perforación en el Municipio de Siuna.
- CBX Nicaragua S.A. (2008-2012), Prospección Geológica en la concesión Siuna H-1.
- Elvis y Agueda. (2013). evaluación de la calidad del agua mediante método bacteriológico del río Uli y el salto el Rosario en el municipio de Siuna.
- FUNICA. (2009). caracterización socio económica de la Región Autónoma Costa Caribe Norte.
- Hans Burgl. (1961). Descripción formación Touche, en el léxico estratigráfico de Nicaragua
- Hodgson, G. (2000). Introducción al Léxico Estratigráfico de Nicaragua. Nicaragua.
- Hodgson, G. (1985). Benable, M. (1987), Descripción de la provincia de los Llanos de la Costa Atlántica. Léxico Estratigráfico de Nicaragua.
- Hunting, g. a. (1972). Slide Looking Radar Survey of Nicaragua, Westinghouse Electronic Corporation. Baltimore. USA.
- Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales-Servicio Nacional de Estudios Territoriales-Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (BGR-SNET-INETER, 2005). Deslizamientos en Nicaragua, Dirección de Geología.
- INMINE. (1979-1994). explotación minera en Siuna.
- INMINE. (1990). explotación minera en la Costa atlántica.
- INIDE. (2005-2006). Encuesta Nicaragüense de demografía y salud.

- INIDE. (2011,2012). Censo Regional en la Costa atlántica de agua y saneamiento.
- INETER. (2010). Cuencas hidrográficas y estaciones climáticas en Nicaragua.
- Lillijequist, R. &. (1983). desplazamientos de actividades volcanicas durante el terciario y la relacion entre paleo- arcos volcanicos y depósitos minerales
- MARENA. (2010). Estudio ambiental en el Municipio de Siuna.
- MINSA. (2015). Censo municipal sobre enfermedades intestinales.
- Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano. (1993)1ª edición. Técnicas de control de calidad de productos en materia de agua potable y saneamiento.
- Normas Jurídicas de Nicaragua (2017) reglamento que establece la disposición para agua residuales y naturales.
- Sibson. (1990). Faulting and fluid flow. In Nesbitt, B, E, ed Shot Course on fluids in tectonically active regimes of the continental crust,Mineralogical Association of canada p.93-132. Canadá.
- Tolson, G. (1996). Un catálogo de indicadores cinemáticos en rocas cizalladoras. departamento de paleomagnetismo, GEOS, unión geofísica Mexicana, 16. (1).
- Whitten y Brooks. (1980). Diccionario de Geología.
- YAMANA-Gold, company. (2008). Perforaciones en el Municipio de Siuna.

Capitulo VIII. Anexos



Anexo 1. Propuesta de puntos de captación de agua en el rio Siuna. Mapa elaborado por CXB, Nicaragua S.A.

Anexo 2. Tablas de resultados Bacteriológicos
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua



UNAN - Managua
Laboratorio de Biotecnología



RESULTADOS

CLIENTE: CXB Nicaragua S. A/ Exploración geológica Siuna
Atención: Lic. Angélica Calderón
Teléfono de contacto: (505) 27941012, 27942019, 85106438
Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Matriz / Fuente: Agua natural/ **Fecha de muestreo:** 2018-06-
Identificación de la muestra: Arturo Urrutia **Hora de muestreo:** 13 h 07
Localidad/Municipio/Departamento: La Gasolina, Siuna, **Fecha del reporte:** 2018-07-18
Coordenadas: 1518160 N; 0738087 E **Código de laboratorio:** LM-

No.	Parámetro	Método	Resultados	Normas CAPRE	Unidades
		SMWW			
1	Coliformes totales	9221.B	92 000	<4	NMP/100 ml
2	Coliformes fecales	9221.E	24 000	Neg	NMP/100 ml
	Datos de campo				
	pH		7,421	–	Unidades de pH
	Temperatura		24,8	–	°C
	Conductividad		335,0	–	µS.cm ⁻¹

Claves: NE: No establecido **Negrilla:** Resultado por encima del límite máximo permisible. NMP/100mL= Número más probable de bacterias contenidas en 100 mL de muestra, estimado en base a 5 réplicas de diluciones decimales seriadas de 10 ml de muestra desde 10⁻¹ hasta 10⁻⁶. La muestra ha sido colectada, preservada y analizada por el personal del Laboratorio de Biotecnología siguiendo las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Waterwater (SMWW) 22nd. Edición, 2012. APHA.

Observación: Presencia de ganado cerca del punto de muestreo.



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua



UNAN - Managua

Laboratorio de Biotecnología



RESULTADOS ANALÍTICOS

CLIENTE: CXB Nicaragua S. A/ Exploración geológica Siuna

Atención: Lic. Angélica Calderón

Matriz / Fuente: Agua natural/ Río
Hora de muestreo: 15 h 40
Localidad/Municipio/Departament
o: Río Siuna, Siuna, RACCN
Coordenadas: 1552725 N;
0797087 E

fecha de muestreo:
2018 06-11
Fecha del reporte:
2018-07-18
Código del laboratorio
o: LM-1612-0307

Teléfono de contacto: (505) 27941012, 27942019, 85106438

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

No.	Parámetro	Método	Resultados	Normas CAPRE	Unidades
		SMWW			
1	Coliformes totales	9221.B	309 500	< 4	NMP/100 ml
2	Coliformes fecales	9221.E	92 000	Neg	NMP/100 ml
	Datos de campo				
	pH		7,449	–	Unidades de pH
	Temperatura		24,0	–	°C
	Conductividad		305,0	–	µS.cm ⁻¹

Claves NE: No establecido **Negrilla:** Resultado por encima del límite máximo permisible. NMP/100mL= Número más probable de bacterias contenidas en 100 mL de muestra, estimado en, la muestra ha sido colectada, preservada y analizada por el personal del Laboratorio de Biotecnología siguiendo las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 22nd. Edition, 2012. APHA.

Observación: La muestra fue colectada después de haber pasado una fuerte lluvia. Presencia de ganado cerca del punto de muestreo.

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua



UNAN - Managua

Laboratorio de Biotecnología



RESULTADOS ANALÍTICOS

CLIENTE: CXB Nicaragua S. A/ Exploración geológica Siuna

Atención: Lic. Angélica Calderón

Teléfono de contacto: (505) 27941012, 27942019, 85106438

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Matriz / Fuente: Agua natural/ Río Fecha de muestreo: 2018-06-11

Identificación de la muestra: El Mamón Hora de muestreo: 16 h 24

Localidad/Municipio/Departa Fecha del reporte: 2018-07-18

Coordenadas: 1516158 N; 0740415 E Código de laboratorio: LM-1612-0308

No.	Parámetro	Método	Resultados	Normas CAPRE	Unidades
		SMWW			
1	Coliformes totales	9221.B	920 000	< 4	NMP/100 ml
2	Coliformes fecales	9221.E	350 000	Neg	NMP/100 ml
	Datos de campo				
	pH		7,462	–	Unidades de pH
	Temperatura		24,3	–	°C
	Conductividad		105,6	–	µS.cm ⁻¹

Claves: NE: No establecido **Negrilla:** Resultado por encima del límite máximo permisible. NMP/100mL= Número más probable de bacterias contenidas en 100 mL de muestra, estimado en base a 5 réplicas de diluciones decimales seriadas de 10 ml de muestra desde 10⁻¹ hasta 10⁻⁶

Observación: La muestra fue colectada bajo lluvia. Vivienda cerca del punto de muestreo, presencia de ganado y cer



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua



UNAN - Managua

Laboratorio de Biotecnología



RESULTADOS ANALÍTICOS

CLIENTE: CXB Nicaragua S. A/ Exploración geológica Siuna

Atención: Lic. Angélica Calderón

Teléfono de contacto: (505) 27941012, 27942019, 85106438

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Matriz / Fuente: Agua natural/ Río

Fecha de muestreo: 2018-06-12

Identificación de la muestra: Propiedad Juana Antonia Flores

Hora de muestreo: 16 h 59

Localidad/Municipio/Departamento: El coyol, Siuna, RACCN

Fecha del reporte: 2018-07-18

Coordenadas: 1519435N; 0738243 E

Código de laboratorio: LM-1612-0309

No.	Parámetro	Método	Resultados	Normas CAPRE	Unidades
		SMWW			
1	Coliformes totales	9221.B	445 000	< 4	NMP/100 ml
2	Coliformes fecales	9221.E	130 000	< Neg	NMP/100 ml
	Datos de campo				
	pH		7,862	–	Unidades de pH
	Temperatura		23,9	–	°C
	Conductividad		96,4	–	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

Claves: NE: No establecido **Negrilla:** Resultado por encima del límite máximo permisible, NMP/100mL= Número más probable de bacterias contenidas en 100 mL de muestra, estimado en base a 5 réplicas de diluciones decimales seriadas de 10 ml de muestra desde 10^{-1} hasta 10^6 .

Observación: La muestra fue colectada bajo lluvia. Presencia de ganado cerca del punto de muestreo.



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

(UNAN - Managua)



Laboratorio de Biotecnología



RESULTADOS ANALÍTICOS

CLIENTE/PROYECTO: CXB Nicaragua S. A.

Atención: Lic. Angélica Calderón

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Teléfonos de contacto: (505) 22491817-(505) 27941012 / 85106438

Matriz / Fuente: Agua Natural/ Río **Fecha de muestreo:** 2018-06-14

Identificación de la muestra: Río Siuna **Hora de muestreo:** 15 h 10

Municipio, Departamento: Siuna, RAAN **Fecha del reporte:** 2018-07-12

Coordenadas: 1518081 N; 740655 E **Código de laboratorio:** LM-1510-0265

No. Parámetro	Método	Resultados	Normas CAPRE	Unidades
	SMWW			
Coliformes totales	9221.B	1600 000	< 4	NMP/100 ml
Coliformes fecales	9221.E	1 600 000	Neg	NMP/100 ml
Datos de campo				
pH		8,165	–	Unidades de pH
Temperatura		30,4	–	°C
Conductividad		615,0	–	µS.cm ⁻¹

Claves

NE: No establecido No establecido

Negrilla: Resultado por encima del límite máximo permisible

NMP/100mL= Número más probable de bacterias contenidas en 100 mL de muestra, estimado en base a 5 réplicas de alícuotas de 10 ml de muestra y diluciones decimales seriadas de 10 ml desde 10⁰ hasta 10⁻⁵.

Observación: Presencia de población, minería artesanal, ganado bovino, porcino, animales domésticos y basura abundante en la ribera del río.



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua



UNAN - Managua

Laboratorio de Biotecnología



RESULTADOS ANALÍTICOS

CLIENTE/PROYECTO: CXB Nicaragua S.A./Exploración geológica Siuna

Atención: Lic. Angélica Calderón

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Teléfono de contacto: 27941012; 27942019; 85106438

Matriz / Fuente: Agua Natural/ Río

Fecha de muestreo: 2018-04-24

Identificación de la muestra: Río Siuna/

San Pablo

Hora de muestreo: 14 h 33

Municipio, Departamento: Siuna, RAAN **Fecha del reporte:** 2018-05-20

Código de laboratorio: LM-1609-

Coordenadas: 1516990N; 739494E

0186

No. /Parámetro	Método	Resultados			Norma CAPRE	Unidades
	SMWW					
1						
Coliformes totales	9221.B	170 000			< 4	NMP/100 ml
2	9221.E	92 000			Neg	NMP/100 ml
Coliformes fecales						
Datos de campo		7,478			-	Unidades de pH
pH		28,6			-	°C
Temperatura		519			-	µS.cm ⁻¹
Conductividad						

NMP/100ml = Número más probable de bacterias contenidas en 100 ml de muestra, estimado en base a 5 réplicas de diluciones decimales seriadas de 10 ml de muestra desde 10⁻¹ hasta 10⁻⁶.

Claves:

NE: No establecido **Negrilla:** Resultado por encima del límite máximo recomendado.

Observación: Viviendas cerca del punto de muestreo, presencia de animales domésticos y de minería artesanal.

Ligera precipitación durante el muestreo.



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua



UNAN-Managua

Laboratorio de Biotecnología



RESULTADOS ANALÍTICOS

CLIENTE/PROYECTO: CXB Nicaragua S. A./ Siuna

Atención: Lic. Angélica Calderón

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Teléfonos de contacto: 27941012, 27942019, 85106438

Matriz / Fuente: Agua Natural/ Río **Fecha de muestreo:** 2018-04-25

Identificación de la muestra: Siuna

norte

Hora de muestreo: 09 h 15

Municipio, Departamento: Siuna,

RAAN

Fecha del reporte: 2018-05-20

Código de laboratorio: LM-

Coordenadas: 1519806 N; 740629 E 1603-0065

No. Parámetro	Método	Resultados	Norma CAPRE	Unidades	
					SMWW
1	Coliformes totales	9221.B	17 000	< 4	NMP/100 ml
2	Coliformes fecales	9221.E	3 300	Neg	NMP/100 ml
	Datos de campo				
	pH		7,266	–	Unidades de pH
	Temperatura		25,1	–	°C

	Conductividad		555	–	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

Claves:

NE: No establecido **Negrilla:** Resultado por encima del límite máximo recomendado.

NMP/100mL= Número más probable de bacterias contenidas en 100 mL de muestra, estimado en base a 5 réplicas

de diluciones decimales seriadas de 10 ml de muestra desde 10^{-1} hasta 10^{-6} .

La muestra ha sido colectada, preservada y analizada por personal del Laboratorio de Biotecnología siguiendo las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 22va. Ed., APHA-AWWA-WEF.

Observación: Sitio con poco caudal, rodeado de casas y con actividad de lavado de ropa.




Anexo 3. Tabla

de resultados Físico-Químicos Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua



UNAN – Managua
Laboratorio de Biotecnología
RESULTADOS ANALÍTICOS



Cliente: CXB Nicaragua S.A/ Exploración geológica Siuna

Atención: Lic. Angélica Calderón

Teléfono de contacto: (505) 27941012; 27942019; 85106438

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Matriz / Fuente: Agua natural / Río

Fecha de muestreo: 2018-04-19

Identificación de la muestra: San Pablo

Hora de muestreo: 15 h 40

Localidad/Municipio/Departamento: Río Siuna,

Siuna, RACCN

Fecha del reporte: 2018-05-18

Coordenadas: 1552725 N; 0797087 E

Código de laboratorio: LQ-1612-0083

Parámetro	Método	Resultados	Normas CAPR E	Norma NJN	Unidades
pH	4500.H+.B	7,665	6.5-8.5		Unidad pH
Conductividad	2510.B	299,5	400		$\mu\text{S.cm}^{-1}$
Sólidos	2540.F	3,75		1	mg.L
Sólidos suspendidos	2540.D	1815,7	1000		mg.L
Aceites y grasas	5520.B	3,2		15	mg.L
Arsénico*	3030F+3120.	0,046			mg.L
Cinc*	3030F+3120.	0,413			mg.L
Cobre*	3030F+3120.	0,225			mg.L
Hierro*	3030F+3120.	108,693			mg.L
Mercurio*	3030F+3120.	<LD			mg.L
Plomo*	3030F+3120.	0,041			mg.L
pH:		7,449			Unidade
Temperatura:		24,0			°C
Conductividad		305			$\mu\text{S.cm}^{-1}$

Claves: < LD: El valor está por debajo del límite de detección NE: No establecido **Negrilla:** Resultado por encima del límite máximo permisible. La muestra fue colectada, preservada y analizada siguiendo

las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 22nd. Edition, 2012.

Observación: La muestra fue colectada después haber pasado una fuerte lluvia por lo que presenta un alto contenido de sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y contaminante asociado (e.g. hierro). Presencia de ganado cerca del punto de muestreo.



Dra. Martha Lacayo Romero
Directora

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua



UNAN – Managua
Laboratorio de Biotecnología
RESULTADOS ANALÍTICOS



Cliente: CXB Nicaragua S.A/ Exploración geológica Siuna

Atención: Lic. Angélica Calderón

Teléfono de contacto: (505) 27941012; 27942019; 85106438

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Fecha de muestreo: 2018-04-09

Matriz / Fuente: Agua natural / Río

Identificación de la muestra: Propiedad Juana

Antonia Flores

Hora de muestreo: 16 h 59

Lugar/Municipio/Departamento: El coyol, Siuna,
RACCN

Fecha del reporte: 2018-05-04

coordenadas: 1519435 N; 0738243 E

Código de laboratorio: LQ-1612-0085

Parámetro	Método	Resultados	Normas CAPRE	Normas NJJN	Unidades
pH	4500.H+.B	7,549	6.5.-8.5		Unidades de pH
Conductividad	2510.B	97,1	400		µS.cm
Sólidos sedimentables	2540.F	0,1		1	ml.L
Sólidos suspendidos	2540.D	144,4	1000		mg.L
Aceites y grasas	5520.B	3,3		15	mg.L
Arsénico*	3030F+3120.B	<LD			mg.L
Cinc*	3030F+3120.B	0,036			mg.L
Cobre*	3030F+3120.B	0,025			mg.L
Hierro*	3030F+3120.B	12,548			mg.L
Mercurio*	3030F+3120.B	ND			mg.L
Plomo*	3030F+3120.B	<LD			mg.L
pH:		7,862			Unidades de pH
Temperatura:		23,9			°C
Conductividad		96,4			µS.cm ⁻¹

Claves: < LD: El valor está por debajo del límite de detección

ND: No detectado NE: No
establecido

Negrilla: Por encima del límite máximo permisible.

Observación: La muestra fue colectada bajo lluvia por lo que presenta un alto contenido de sólidos suspendidos totales y contaminante asociado (e.g. hierro). Presencia de ganado cerca del punto de muestreo.




Dra. Martha Lacayo Romero

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua



UNAN – Managua

Laboratorio de Biotecnología

RESULTADOS ANALÍTICOS



Cliente: CXB Nicaragua S.A/ Exploración geológica Siuna

Atención: Lic. Angélica Calderón

Teléfono de contacto: (505) 27941012; 27942019; 85106438

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Matriz / Fuente: Agua natural / Río

Fecha de muestreo: 2018-04-19

Identificación de la muestra: El Mamón

Hora de muestreo: 16 h 24

Localidad/Municipio/Departamento:

El Mamón, Siuna, RACCN

Fecha del reporte: 2018-05-18

Coordenadas: 1516158 N; 0740415 E

Código de laboratorio: LQ-1612-0084

No.	Parámetro	Método	Resultados	Normas CAPRE	Normas NJN	Unidades
1	pH	4500.H+.B	7,442	6.5-8.5		Unidades de pH
2	Conductividad	2510.B	106,9	400		µS.cm
3	Sólidos sedimentables	2540.F	0,3		1	ml.L
4	Sólidos suspendidos	2540.D	373,8	1000		mg.L
5	Aceites y grasas	5520.B	2,6		15	mg.L
6	Arsénico*	3030F+3120.B	<LD			mg.L
7	Cinc*	3030F+3120.B	0,068			mg.L
8	Cobre*	3030F+3120.B	0,049			mg.L
9	Hierro*	3030F+3120.B	25,786			mg.L
10	Mercurio*	3030F+3120.B	ND			mg.L
11	Plomo*	3030F+3120.B	<LD			mg.L
Datos de campo:						
	pH:		7,462			Unidades
	Temperatura:		24,3			°C
	Conductividad		105,6			µS.cm ⁻¹

Clave: < LD: El valor está por debajo del límite de detección ND: No detectado NE: No establecido
Negrilla: Resultado por encima del límite máximo permisible. La muestra fue colectada, preservada y analizada siguiendo las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 22nd. Edition, 2012.

Observación: La muestra fue colectada bajo lluvia por lo que presenta un alto contenido de sólidos suspendidos totales y contaminante asociado (e.g. hierro). Vivienda cerca del punto de muestreo, presencia de ganado.



Dra. Martha Lacayo Romero

Directora

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
(UNAN – Managua)**



**Laboratorio de Biotecnología
RESULTADOS ANALÍTICOS**



CLIENTE: CXB Nicaragua S.A.

Atención: Lic. Angélica Calderón

Teléfonos de contacto: 22491817; 27941012; 85106438

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Matriz / Fuente: Agua natural / Río

Identificación de la muestra: Río Siuna

Localidad/Municipio/Departamento: Siuna, Siuna,
RAAN

Coordenadas: 1518081 N; 740655 E

Fecha de muestreo: 2018-06-15

Hora de muestreo: 15 h 10

Fecha del reporte: 2018-07-12

Código de laboratorio: LQ-1510-0080

No.	Parámetro	Método	Resultados	Normas CAPRE	Normas NJJ	Unidades
1	pH de laboratorio	4500.H+.B	7,607	6.5-85		Unidades de pH
2	Conductividad	2510.B	621,0	400		µS.cm
3	Sólidos Suspendidos	2540.D	12,7	1000		mg.L
4	Sólidos Sedimentables	2540.F	< LD		1	mg.L
5	Aceites y	5520.B	3,0		15	mg.L
6	Arsénico*	3030F+3120.B	<LD			mg.L
7	Cobre*	3030F+3120.B	0,014			mg.L
8	Hierro*	3030F+3120.B	0,795			mg.L
9	Mercurio*	3030F+3120.B	<LD			mg.L
10	Plomo*	3030F+3120.B	0,023			mg.L
11	Cinc*	3030F+3120.B	0,028			mg.L
Datos de campo:						Unidades
	pH:		7,876			de pH
	Temperatura:		30,4			°C
	Conductividad:		615,0			µS.cm ⁻¹

Disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias DECRETO No. 33-95. Artículo 44. De las descargas de aguas residuales en forma directa o indirecta a cuerpos receptores provenientes de las Industria Minera y Acabado de Metales.

La muestra fue colectada, preservada y analizada siguiendo las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 20va. Edición.



Dra. Martha Lacayo Romero



Cliente: CXB Nicaragua S.A/ Exploración geológica Siuna

Atención: Lic. Angélica Calderón

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Teléfono de contacto: 27941012; 27942019; 85106438

Matriz / Fuente: Agua natural / Río

Fecha de muestreo: 2018-05-28

Identificación de la muestra/ Lugar: Río Siuna/ Tiburón. **Hora de muestreo:** 15 h 33

Municipio/ Departamento: Siuna/ RAAN


Fecha del reporte: 2018-06-23

Coordenadas: 1516990N; 0739494E

Código de laboratorio: LQ-1609-0047

No.	Parámetro	Método	Resultados	Normas CAPRE	Normas NJN	Unidades
1	pH	4500.H+.B	7,852	6.5-85		Unidades de pH
2	Conductividad eléctrica	2510.B	582,0	400		µS.cm
3	Sólidos sedimentables	2540.F	<LD		1	ml.L
4	Sólidos suspendidos	2540.D	272,5	1000		mg.L
5	Aceites y grasas	5520.B	2,1		15	mg.L
6	Arsénico*	3030F+3120.	0,026			mg.L
7	Cinc*	3030F+3120.	0,104			mg.L
8	Cobre*	3030F+3120.	0,041			mg.L
9	Hierro*	3030F+3120.	15,859			mg.L
10	Mercurio*	3030F+3120.	ND			mg.L
11	Plomo*	3030F+3120.	<LD			mg.L
Datos de campo:						

Claves: < LD: El valor está por debajo del límite de detección ND: No detectado NE: No establecido

	pH:		7,478			Unidades de pH
	Temperatura		28,6			°C
	Conductividad eléctrica		519			$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

Negrilla: Por encima del límite máximo permisible

La muestra fue colectada, preservada y analizada siguiendo las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 22nd. Edition, 2012.

Observación: Viviendas cerca del punto de muestreo, presencia de animales domésticos y de minería artesanal.

Ligera precipitación durante el muestreo.




Dra. Martha Lacayo Romero
Directora

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

UNAN – Managua

Laboratorio de Biotecnología

RESULTADOS ANALÍTICOS.

Cliente: CXB Nicaragua S.A/ Exploración geológica Siuna

Atención: Lic. Angélica Calderón

Teléfono de contacto: (505) 27941012; 27942019; 85106438

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Matriz /

Fuente: Agua
natural / Río

Fecha de muestreo: 2018-04-09

Identificación de la muestra:

Arturo Urrutia

**Hora de
muestreo:** 13
h 07

Localidad/Municipio/Departamento: La Gasolina,
Siuna, RACCN

Fecha del reporte: 2018-05-04

Coordenadas: 1518160 N;
0738087 E

Código de laboratorio: LQ-
1612-0082

No .	Parámetro	Método	Resultados	Normas CAPRE	Normas NJN	Unidades
1	pH	4500.H+.B	7,821	6.5-8.5		Unidades de pH
2	Conductividad eléctrica	2510.B	344,0	400		µS.cm
3	Sólidos sedimentables	2540.F	<LD		1	ml.L
4	Sólidos suspendidos totales	2540.D	2,2	1000		mg.L
5	Aceites y grasas	5520.B	2,4		15	mg.L
6	Arsénico*	3030F+3120. B	<LD			mg.L
7	Cinc*	3030F+3120. B	ND			mg.L
8	Cobre*	3030F+3120. B	<LD			mg.L

9	Hierro*	3030F+3120. B	0,579			mg.L
10	Mercurio*	3030F+3120. B	<LD			mg.L
11	Plomo*	3030F+3120. B	ND			mg.L
Datos de campo:						
	pH		7,421			Unidades de pH
	Temperatura		24,8			°C
	Conductividad eléctrica		355			$\mu\text{S.cm}^{-1}$
Claves:						
< LD: El valor está por debajo del límite de detección			ND: No detectado			

Los resultados corresponden a metales totales recuperables en agua por digestión con ácidos nítrico y clorhídrico 1+1; seguida del análisis por Espectrometría de Emisión Óptica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES).

La muestra fue colectada, preservada y analizada siguiendo las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 22nd. Edition, 2012.




Dra. Martha Lacayo Romero

Directora.

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua



UNAN – Managua

Laboratorio de Biotecnología

RESULTADOS ANALÍTICOS



CLIENTE / PROYECTO: CXB Nicaragua S.A. / Siuna

Atención: Lic. Angélica Calderón

Teléfonos de contacto: (505) 27941012; 27942019;
85106438

Correo electrónico: acalderon@calibremining.com

Matriz / Fuente: Agua natural / Río

Fecha de muestreo: 2018-04-19

Hora de muestreo: 15 h 00

Identificación de la muestra: Siuna sur

Localidad/Municipio/Departamento: Siuna/abajo

Fecha del reporte: 2018-05-18

Coordenadas: 1517781 N; 740285 E

Código de laboratorio: LQ-1803-0026

No.	Parámetro	Método SMWW	Resultados	Normas CAPRE	Normas NJN	Unidades
1	Ph de laboratorio	4500.H ⁺ .B	7,867	6.5-8.5		Unidades de pH
2	Conductividad eléctrica	2510.B	901,0	400		µS.cm
3	Sólidos Sedimentables	2540.F	47,5		1	ml.L
4	Sólidos Suspendidos Totales	2540.D	3868,7	1000		mg.L
5	Aceites y Grasas	5520.B	2,0		15	mg.L
6	Arsénico*	3030F+3120.B	< LD			mg.L
7	Cobre*	3030F+3120.B	0,610			mg.L
8	Hierro*	3030F+3120.B	210,9			mg.L
9	Mercurio*	3030F+3120.B	ND			mg.L
10	Plomo*	3030F+3120.B	0,020			mg.L
11	Zinc*	3030F+3120.B	1,340			mg.L
Datos de campo:						
	pH:		7,034			Unidades de pH
	Temperatura:		29,2			°C
	Conductividad:		915			µS.cm ⁻¹

Anexo 4. Parámetros bacteriológicos Normas CAPRE.

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	En muestras no
	Coliforme total	Neg	≤4	consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución				En muestras puntuales
	Coliforme total	Neg	≤4	No debe ser detectado en el 95 % de las muestras
	Coliforme fecal	Neg	Neg	anuales (c)

Anexo 5. Parámetros Físico – Químicos Normas CAPRE.

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración de Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro Residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	μS/cm	400	
Dureza	mg/L CaCO ₃	400	250
Sulfatos	mg/L	25	
Aluminio	mg/L	100	0.2
Calcio	mg/L CaCO ₃		2.0
Cobre	mg/L	1.0	
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

