



**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES
AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE
NICARAGÜENSE
URACCAN**

Monografía

Para optar al título de Ingeniero agroforestal

“Calidad del agua en la sub cuenca Uly y Micro
cuenca Madriguera, Siuna 2010”

Autores: Ismael Mendoza Blandón
Anita Isabel Tórrez Duarte

Tutor: MSc. Oscar Flores Pérez

Siuna, septiembre de 2011.

UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES
AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE
NICARAGÜENSE
URACCAN

Monografía

Para optar al título de Ingeniero agroforestal

“Calidad del agua en la sub cuenca Uly y Micro
cuenca Madriguera, Siuna 2010”

Autores: Ismael Mendoza Blandón
Anita Isabel Duarte Tórrez

Tutor: MSc. Oscar Flores Pérez

Siuna, septiembre de 2011.

Dedico este trabajo monográfico a:

Nuestro *Dios todo poderoso*, por ser la máxima autoridad del universo y brindarme el don de la vida, sabiduría, conocimiento, habilidades e inteligencia para culminar con bien mis estudios.

A mis padres, *Juan Ramón Mendoza Castro y Andrea Blandón Bucardo* por su apoyo incondicional desde los primeros pasos de mi formación académica hasta culminar mis estudios universitarios, ya que ellos fueron la mayor fuerza económica y que siempre me brindaron su mano para salir de las dificultades económicas y psicológica.

A mis *docentes*, que gracias a ellos/as alcancé culminar mis estudios por su capacidad de enseñanza y su amabilidad que tuvieron conmigo para que lograra la meta final.

A mi *tutor*, Msc.Oscar Flores que dedicó mucho tiempo y desempeño y con su ayuda he logrado terminar el proceso de elaboración de la monografía.

Al *vicerector Bismark lee*, por ser la máxima autoridad de esta universidad y brindarme alojamiento, alimentación y por apoyarme en muchos casos que tuve dificultad en todo el periodo de estudio desde la preparatoria hasta culminar mi carrera.

Al *personal administrativo*, que siempre me apoyaron y me trataron con amabilidad y respeto durante los momentos que les pedí favores.

A todas mis amistades, que de una u otro forma me brindaron el apoyo incondicional para que mis objetivos se me cumplieran y estar en la meta final.

BR. ISMAEL MENDOZA BLANDÓN,

A Dios porque gracias a su infinita bondad veo culminados mis metas.

A mi familia porque me alentaron en los momentos que más los necesité, sin dejarme caer.

A todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron para ayudarme a cumplir mi meta y lograr mis sueños.

BRA. ANITA ISABEL TÓRREZ DUARTE

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a nuestro dios todo poderoso por ser la máxima autoridad del universo y brindarme el conocimiento y habilidades para culminar con bien mis estudios.

A mis padres que fueron la mayor fuerza económica y que siempre me brindaron su mano para salir de las dificultades económicas y psicológicas.

A mis docentes que gracias a sus enseñanzas alcance culminar mis estudios, por su amabilidad y responsabilidad que tuvieron conmigo para que lograra la meta final.

También agradezco infinitamente a mi tutor: MSc. Oscar Flores que empeñó mucho tiempo, trabajo y con su ayuda he logrado terminar el proceso de elaboración de protocolo y tesis.

A la universidad URACCAN por darme la oportunidad para fortalecer mis niveles académicos y de esta manera contribuir al desarrollo de la región.

A todos/as mis amigos/as que de una u otro forma me brindaron el apoyo incondicional para que mis objetivos se cumplieran y estar en la meta final.

BR. ISMAEL MENDOZA BLANDÓN.

Agradezco a Dios sobre todas las cosas quien es la piedra angular que me sostiene.

A mi familia por ser los pilares fundamentales de mi crecimiento profesional, quienes siempre me ayudan en los momentos más difíciles de mi vida.

A los profesores quienes con su dedicación me han transmitido sus conocimientos

A todos aquellos que me ayudaron a seguir siempre adelante.

BRA. ANITA ISABEL TÓRREZ DUARTE

ÍNDICE GENERAL

Contenido

Páginas

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS	iv
RESUMEN.....	v
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. OBJETIVOS.	3
2.1 General.....	3
2.2 Específicos.....	3
3. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1. Generalidades.....	4
3.2. Parámetros físicos y químicos.....	7
3.3. Agentes patógenos del agua.....	13
3.4. Focos de contaminación.....	17
4. METODOLOGIA.....	22
4.1. Ubicación del estudio.....	22
4.2. Tipo de estudio.....	22
4.3. Variables.....	23
4.4. Criterios de selección.....	23
4.5. Fuentes y obtención de la información.....	23
4.6. Análisis estadístico.....	28
4.7. Operacionalización de variables.....	30
5. RESULTADOS.....	32
6. CONCLUSIONES.....	48
7. RECOMENDACIONES	50
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
9. Anexo	55

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros.

Cuadro 1. Parámetro organoléptico

Cuadro 2. Parámetros Físicos - Químicos

Cuadro 3. Parámetros para sustancias no deseadas

Cuadro 4. Parámetros para Sustancias Inorgánicas

Anexos.

Anexo 1. Índice de NMP y límites de confianza de 95%

Anexo 2. Fotos de los diferentes puntos de muestreos que se realizaron.

Anexo 3. Mapa de los Puntos de muestreos, sub cuenca Uly, 2010.

Anexo 4. Mapa del Uso actual del suelo, sub cuenca Uly, 2010.

Anexo 5. Mapa del Uso Actual del suelo y puntos de muestreos, micro cuenca Madriguera, 2010.

Anexo 6 Cuadros de los usos actuales del suelo en la sub cuenca de Uly y la micro cuenca de Madriguera en el año 2010.

RESUMEN

El estudio describe la calidad física, química y bacteriológica del agua de consumo humano en la sub cuenca Uly y la micro cuenca Madriguera en Siuna.

Esta investigación es descriptiva, longitudinal y observacional cuyo interés fue comparar los resultados obtenidos con los estándares de la Norma CAPRE, tanto en verano como en invierno. Los parámetros físicos se midieron *in situ*, los químicos se midieron *ex situ* en el laboratorio del Centro de investigaciones de recursos acuáticos (CIRA) y los parámetros bacteriológicos se midieron *ex situ* en el laboratorio URACCAN las minas.

Entre los principales resultados encontrados en el estudio se tienen:

Químicamente solo las aguas del Río Uly y Mango I en época de verano, evidenciaron valores elevados de hierro total (ambos, 0.44 mg/l). En la época de invierno, éste parámetro fue aún muy superior a éstos.

En el primer muestreo (nueve puntos) entre la sub cuenca de Uly y la micro cuenca de Madriguera solo el punto de muestreo del Mango I mostró problemas de Turbidez (500UNT) un valor excesivamente alto, según la norma CAPRE. En el segundo muestreo (invierno) todos los puntos muestreados superaron el valor máximo admisible de turbidez (5 UNT) y hierro (0.3mg/l).

Bacteriológicamente, las aguas de ambas fuentes hídricas y en ambos muestreos evidenciaron contaminación por coliformes totales y coliformes fecales.

Los focos de contaminación son multifacéticos y difusos, pero los cambios en la calidad del agua parece asociarse con el

manejo de los recursos naturales y especialmente con el uso inapropiado del suelo y de los animales, los cuales toman el agua directamente del río.

En lo referido a los parámetros físico-químicos se determinó un foco de contaminación de los nueve puntos de muestreos y este fue en el Mango I de la micro cuenca madriguera, turbidez.

En la parte bacteriológica se determinaron tres focos de contaminación ubicados en la sub cuenca de Uly: El río Azadín con 5000 (NMP/100ml) de Colitotales, el río Boca de Asa con 3300 (NMP/100ml) de Colitotales, en el primer muestreo en verano y, río Cipulwas en ambos muestreos (invierno-verano) y en las coliformes fecales y coliformes totales. En invierno, el río Uly (700NMP/100ml) coliformes totales

1. INTRODUCCIÓN.

El municipio de Siuna se abastece de dos fuentes de agua: la micro cuenca de madriguera y la sub cuenca de Uly, que nace en la reserva de Biosfera de Bosawas, al noreste de Siuna, la cual es considerada fuente libre de metales pesados. (Adan, 2010)

“De esa sub cuenca de Uly se tienen instalado un sistema de bombeo eléctrico por los cuales se está abasteciendo a una población de 1,600 viviendas”, informó. Diana Reyes Rocha, gerente de la Empresa Municipal de Aguas Potable (EMAPSA). (Ibíd).

Una segunda fuente de agua, Madriguera, un sistema por gravedad que no dispone de equipo de tratamiento para llevarla a la población con la calidad requerida para ser consumida, pero aun así, se está abasteciendo a 250 viviendas. (Ibíd).

En total a nivel de área urbana, EMAPSA abastece al 51% de la población urbana, porque las posibilidades instaladas solamente abarcan ese porcentaje. (Ibíd).

Actualmente, el recurso hídrico en la sub cuenca Uly y la micro cuenca Madriguera se encuentra sometido a una fuerte presión de demanda de agua para consumo humano, tanto en la zona rural como en la urbana donde cada año aumenta la demanda por el crecimiento de la población. (Ibíd).

Los aspectos técnicos involucrados en el tema de calidad de agua y la situación actual, a nivel regional, nacional e internacional, se da por los **patrones de uso en la población** es aquí donde se aborda una de las problemáticas más fuertes que enfrenta el ambiente, la población y por lo tanto, la sociedad.

En el municipio de Siuna existe una gran escasez y se aqueja de una mala calidad del agua, es por esto que fue necesario realizar este estudio donde se pudo determinar el nivel básico de contaminación física, química y bacteriológica en éstas fuentes ya que son ellas las que abastecen de este recurso para el consumo humano al municipio de siuna.

En otro sentido, el estudio destaca los principales focos de contaminación espacialmente para dichas fuentes de agua, resultados que pueden servir para orientar acciones en función de mitigar el efecto de dichos focos contaminantes.

Conocer los resultados del estudio, pueden conllevar a la toma consciente de decisiones y acciones eco-amigables con las fuentes de agua por parte de los comunitarios, de ahí que los resultados, tienen importancia no solo técnica, sino social y ambientalmente.

¿Son la sub cuenca Uly y la micro cuenca Madriguera fuentes de agua libres de riesgos potenciales para la salud de quienes la consumen, en términos, físicos, químicos y bacteriológicos?

2. OBJETIVOS.

2.1 General.

Describir la calidad física, química y bacteriológica del agua de consumo humano en los afluentes de la sub cuenca Uly y la micro cuenca Madriguera Siuna.

2.2 Específicos.

1. Estimar los parámetros físicos y químicos del agua en la sub cuenca Uly y micro cuenca Madriguera.
2. Valorar la concentración de agentes patógenos del agua en la sub cuenca Uly y micro cuenca madriguera.
3. Explorar focos de contaminación en los principales afluentes de la sub cuenca Uly y la micro cuenca Madriguera.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1. Generalidades.

La Sub cuenca del Río Uly, es un complejo mosaico geográfico en el cual convergen partes del departamento de Jinotega y la Región Autónoma del Atlántico Norte -RAAN. Está contenida entre los municipios de Bonanza, Siuna (RAAN) y San José de Bocay (Jinotega), que a su vez forman parte de la Reserva de la Biosfera Bosawas -RBB-, tanto en su zona núcleo como de la zona de amortiguamiento. También alberga parte de tres territorios indígenas Mayangnas. La Subcuenta Uly está ubicada en la parte alta de la Cuenca del río Prinzapolka. De modo que estas cualidades le confieren una alta complejidad política administrativa. (UNESCO, 2008)

La Subcuenta del río Uly abarca una extensión superficial de 732.26km², se encuentra entre el Departamento de Jinotega (40.9%) y la Región Autónoma del Atlántico Norte (59.1%). En el contexto de la RBB, comprende el 61.7% de la Zona Núcleo y 38.3% de la zona de amortiguamiento. Respecto a la división municipal, la Subcuenta Uly abarca unos 299.4km² de San José de Bocay (40.9%); 217.01km², de Bonanza (29.6%) y 215.82 m², de Siuna (29.5%). Los tres territorios indígenas Mayangnas habitan en la Subcuenta Uly, abarcan el 61.4% de la superficie. (Ibíd).

Micro cuenca Madriguera.

La micro cuenca madriguera está ubicada en la comunidad de Madriguera al noreste del municipio de Siuna a 15km² de distancia. Limita al norte con la comunidad de campo dos, al sur con la comunidad del líbico, al este con el área protegida o centro de Banacrúz y al oeste con la comunidad de la Toboba. Es una micro cuenca que tiene como fuente de abastecimiento una serie de quebradas y riachuelos o sea cursos de agua

superficiales con pendientes pronunciadas que presentan gran diferencia entre los caudales de crecida y de estiaje. En época lluviosa la oferta hídrica supera los 200 l/s y en época seca, los caudales de escurrimiento son muy pequeños, llegando en algunos momentos inclusive a no tener escurrimiento superficial, por lo que su potencial de aprovechamiento se reduce significativamente. (ALCALDIA de Siuna, 2010)

Existen dos puntos trasvase (presas); El Mango 1 y Mango 2, que son utilizadas de forma natural como puntos rompe carga los cuales consisten en pequeñas lagunas completamente sedimentadas de lodos a las cuales llega el aporte de aguas arriba y posteriormente, de estos puntos, sale el agua completamente cruda hacia las tuberías de distribución. **(Ibíd)**.

Aguas superficiales.

Del capítulo III de las definiciones, de la Ley 620, se entiende por Aguas Superficiales a aquellas que fluyen sobre la superficie de la tierra, de forma permanente o intermitente y que conforman los ríos, lagos, lagunas y humedales, (Asamblea Nacional, 2007) y, según (Vallvé, 2000) pueden ser corrientes que se mueven en una misma dirección y circulan continuamente, como los ríos y arroyos; o bien estancadas como los lagos, lagunas, charcas y pantanos. **(Ibíd)**.

Cuenca Hidrográfica

Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por una línea imaginaria que marca los puntos de mayor elevación en dicha unidad, en donde brota o escurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye en forma superficial, sub superficial y subterránea, hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal. La cuenca hidrográfica está a su

vez integrada por sub cuencas y estas últimas por micro cuencas. (Asamblea Nacional, 2007)

Sub cuenca

Una sub cuenca está constituida por varios ríos tributarios que van a dar a un cauce principal, formando una unidad territorial de menor superficie que la cuenca es decir, es un territorio limitado por elevaciones del terreno donde se recogen las aguas de un arroyo, quebrada o río menor, las cuales desembocan en un cuerpo de agua mayor. (CEMAT, 2001).

Micro cuenca

Una micro cuenca está formada por un pequeño río o riachuelo tributario de una sub cuenca, es la unidad mínima de planificación dentro de una cuenca, debido a su pequeña extensión territorial. (CEMAT, 2001)

Calidad del agua.

El término calidad del agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada. (Calidad del agua, 2011)

De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc. **(Ibíd).**

3.2. Parámetros físicos y químicos

Las características biológicas, químicas y físicas del agua afectan su capacidad para sustentar la vida y su idoneidad para consumo y uso humanos. Varios problemas de calidad del agua, incluidas la sedimentación, la eutrofización y la contaminación por bacterias y sustancias tóxicas, han persistido durante décadas. (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2008)

Los parámetros físicos son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura. (Ingeniería Ambiental, 2009)

Estos parámetros físicos son los que tienen la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El agua pura es bastante incolora sólo aparece como azulada en grandes espesores. (Payeras, 2009)

El **Sabor y Olor** son determinaciones organolépticas y de determinación subjetiva. Tienen un interés muy evidente en las aguas potables dedicadas al consumo humano. **(Ibíd).**

Las aguas adquieren un sabor salado a partir de 300 ppm de Cl^- , y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO_4 . El CO_2 libre en el agua le da un gusto "picante". Trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un olor y sabor desagradables. **(Ibíd).**

La turbidez por su parte es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos y que se presentan principalmente en aguas superficiales, en general son muy difíciles de filtrar y pueden dar lugar a depósitos en las conducciones. Una de las formas para medir la turbidez es mediante célula fotoeléctrica, existen numerosos tipos de turbidímetros. **(Ibíd).**

La **conductividad** eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad; el agua pura prácticamente no conduce la electricidad; por lo tanto la conductividad que podamos medir será consecuencia de las impurezas presentes en el agua. La unidad de medida es el micro siemens por cm ($\mu\text{S/cm}$) (Payeras, 2009)

La temperatura es una característica física, de las aguas siendo de la intensidad del color. El agua en el medio natural puede encontrarse entre cero y su punto de ebullición, aunque normalmente está comprendido entre 0 y 30°C. El valor de la temperatura del aire, la altitud, la estación del año, el flujo, la profundidad, las descargas al medio etc. (Derisio, 1992; Domench, 1995, citado por (Flores & Wong, 2002, p. 21)

Parámetros químicos.

Los parámetros químicos de la calidad del agua están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que podemos mencionar a los sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, materias orgánicas y nutrientes. (Ingeniería Ambiental, 2009)

El valor **pH**, como la medida de la concentración de los iones hidrógeno, mide la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8. (Payeras, 2009)

La **dureza**, por su parte, es debida a la presencia de sales de calcio y magnesio y mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones. Afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales. (**ibíd**).

La **alcalinidad** es una medida de neutralizar ácidos. Contribuyen, principalmente, a la alcalinidad de una solución acuosa los iones bicarbonato (CO_3H^-), carbonato (CO_3) y

oxidrilo (OH^-), pero también los fosfatos, ácido silícico u otros ácidos de carácter débil. Su presencia en el agua puede producir CO_2 en el vapor de calderas que es muy corrosivo y también puede producir espumas, arrastre de sólidos con el vapor de calderas, etc. **(Ibíd).**

Los **sólidos disueltos** o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. El origen puede ser múltiple tanto en las aguas subterráneas como en las superficiales. Para las aguas potables se fija un valor máximo deseable de 500 ppm, este dato por si sólo no es suficiente para catalogar la bondad del agua. A la suma de los sólidos disueltos y en suspensión se les llama Sólidos Totales. **(Ibíd).**

Cloruros. El ión cloruro Cl^- , forma sales muy solubles, suele asociarse con el ión Na^+ esto lógicamente ocurre en aguas muy salinas. Las aguas dulces contienen entre 10 y 250 ppm de cloruros, pero también se encuentran valores muy superiores fácilmente. Las aguas salobres contienen millares de ppm de cloruros, el agua de mar está alrededor de las 20.000 ppm de cloruros. **(Ibíd).**

Sulfatos. El ión sulfato (SO_4^-) corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces contienen entre 2 y 250 ppm y el agua de mar alrededor de 3.000 ppm. Agua pura se satura de SO_4Ca a unas 1.500 ppm, lo que ocurre es que la presencia de otras sales de calcio aumenta la solubilidad. En cantidades bajas no perjudica seriamente al agua, pero algunos centenares de ppm pueden perjudicar seriamente la resistencia del hormigón. **(Ibíd).**

Nitratos. El ión nitrato (NO_3^-) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno e incluso amoníaco. Las aguas normales contienen menos de 10 ppm, y el agua de mar hasta un ppm. Aguas con infiltraciones de zona de riego con contaminación por

fertilizantes pueden tener hasta varios centenares de ppm. Concentraciones muy elevadas en agua de bebida puede producir la cianosis infantil. Su presencia junto con fosfatos, en aguas superficiales, provocan la aparición de un excesivo crecimiento de algas es lo que se conoce como eutrofización. **(Ibíd).**

Hierro Un catión muy importante desde el punto de vista de contaminación, aparece en dos formas: ión ferroso, Fe^{++} , o más oxidado como ión férrico, Fe^{+++} . La estabilidad y aparición en una forma u otra depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras, composición de la solución, etc. Afecta a la potabilidad de las aguas y es un inconveniente en los procesos industriales por provocar incrustaciones. Por todo lo anterior, las aguas subterráneas sólo contienen el ión ferroso disuelto, que suele parecer con contenidos entre 0 y 10 ppm, pero al airear el agua se precipita el hidróxido férrico de color pardo-rojizo, y se reduce el contenido a menos de 0,5 ppm. Para que parezcan contenidos de hierro de varias docenas de ppm hacen falta que el medio sea ácido. (Payeras, 2009)

Cuadro 1. Parámetro organoléptico.

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Color Verdadero	Mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor Dilución	0	2 a 12°C
Sabor	Factor Dilución	0	3 a 25°C

Cuadro 2. Parámetros Físicos - Químicos.

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Temperatura	°C	18 – 30	
Conc. Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Color Residual	mg/l	0.5 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	us/cm	400	
Dureza	mg/l CaCO ₃	400	
Sulfatos	mg/l	25	250
Aluminio	mg/l		0.2
Calcio	mg/l CaCO ₃	100	
Cobre	Mg/l	1.0	2.0
Magnesio	mg CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l		10
Sol. Tot Dis.	mg/l		1000
Zinc	mg/l		3.0

Fuente: (CAPRE, 1995, p . 8)

(a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustaciones en los acueductos.

(b) Cloro residual libre

(c) 5 mg/l con base en evidencias científicas las cuales han demostrado que este valor “residual” no afecta la salud.

La calidad del agua, es un estado caracterizado por su composición físico-química y biológica. Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño, para lo cual deberá reunir dos características: **(Ibíd)**.

- Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores.

- Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor).

Cuadro 3. Parámetros para sustancias no deseadas.

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Nitratos-NO ₃	mg/l	25	50
Nitratos-NO ₂	mg/l		1 - 3
Amonio	mg/l	0.05	0.5
Hierro	mg/l		0.3
Manganeso	mg/l	0.01	0.5
Fluoruro	mg/l		0.7 – 1.52
Sulfuro de Hidrógeno	mg/l		0.05

Fuente: (CAPRE, 1995)

Cuadro 4. Parámetros para Sustancias Inorgánicas

Parámetro	Unidad	Valor máximo admisible
Arsénico	mg/L	0.01
Cadmio	mg/L	0.003
Cianuro	mg/L	0.07
Cromo	mg/L	0.05
Mercurio	mg/L	0.001
Níquel	mg/L	0.02
Plomo	mg/L	0.01
Antimonio	mg/L	0.005
Selenio	mg/L	0.01

Fuente: (CAPRE, 1995)

Las normas de calidad del agua establecen los requisitos básicos a los cuales debe responder la calidad del agua suministrada en los servicios para consumo humano y para

todo uso domestico, independiente mente de su estado, origen o después de su tratamiento. (CAPRE, 1995).

Normas de calidad del agua.

- No debe de ser peligrosa para la salud o la vida de los consumidores, condición que es imprescindible.

El sistema debe poder operarse a un costo razonable, es decir, las características del agua deben ser tales que no ocasionen daño a la red de distribución, a las industrias, la economía privada, este propósito deber lograrse sin tener que hacer a la misma, un tratamiento. **(Ibíd).**

3.3. Agentes patógenos del agua.

Idealmente el agua potable no debe de contener ningún microorganismo considerado patógeno debe además estar libre de bacterias indicadores de contaminación.

El primer indicador bacteriano que se recomienda para la detección fecal en el agua es el grupo de organismos bacterianos doliformes totales aun cuando no todos son exclusivamente de origen fecal, pero están presentes en las heces de los humanos y de otros animales de sangre caliente debe de obtenerse evidencia definitiva de contaminación por heces fecales al determinar subgrupos de organismos de doliformes totales llamados organismos bacterianos fecales termo resistentes y de bacterias tipo *Escherichia coli*, aun después de una considerable dilución (Aurazo, 2010).

La calidad del agua puede ser alterada como consecuencia de las actividades humanas o naturales que producen efectos adversos que cambien su valor físico - químico o Biológico. Entonces, cualquier alteración de la calidad física, química o biológica del agua, que provoque un efecto inaceptable de su

utilidad o valor ecológico es considerada como contaminación del agua y, un contaminante es el factor o la sustancia que provoca esa alteración. La contaminación de las aguas puede ser causada por: contaminación de la atmósfera, que va a modificar la calidad de las aguas de lluvia y la superficie del suelo que afectará las aguas de escurrimiento, los usos de los suelos (agropecuarios, asentamientos humanos, construcción de obras, etc.), la disposición libre de desechos sólidos y líquidos, derrames accidentales de materiales en el agua, etc. y puede ser causada por las aguas residuales. (Guzman, 1997).

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.), la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.), y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar ligeramente de uno a otro. (Anónimo, 2010).

Los insumos de agua dependen directamente de la población y el nivel de vida así el consumo de agua suele ser 100-500 l/habitantes/ día en viviendas y hasta 1000 en los hospitales (Diaz, 1999) citado por (Flores & Wong, 2002, p . 7)

El déficit local y regional de agua es debido, sobre todo, al aumento de las necesidades surgidas del desarrollo económico y de la explosión demográfica. El hombre ha utilizado el agua para fines cada vez más numerosos, y su dependencia de ese elemento no ha hecho más que crecer. **(Ibíd).**

Según el índice de desarrollo humano del PNUD de 2006, Nicaragua tiene menos del 50% de la cobertura de saneamiento en relación a la demanda y el 21% acceso sostenible a la fuente de aguas mejoradas. Esta carencia de agua repercute en afecciones a la salud, ya que, el 49% de los niños menores de 5 años son afectados con diarrea, por lo tanto, tienen que recibir terapia de rehidratación oral y alimentación continua. (PNUD, 2006, p . 12).

Indicadores microbianos de la calidad de agua.

➤ **Coliformes totales.**

Las bacterias coliformes son aquellas bacterias de morfología bacilar, Gram (-), aerobias o anaerobias facultativas, oxidasa negativas, no esporógenas, que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ en un tiempo máximo de 48 horas. Este grupo comprende los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Kebsiella* y *Enterobacter*, pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceas*. (APHA; AWWA; WPCF, 1989, p . 9-82).

La determinación de microorganismos Coliformes totales por el método del Número más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 h, utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares. Esta determinación consta de dos fases, la **fase presuntiva** y la **fase confirmativa**. (Ibíd).

En la **fase presuntiva** el medio de cultivo que se utiliza es el caldo lauril sulfato de sodio el cual permite la recuperación de los microorganismos dañados que se encuentren presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar a la lactosa como fuente de carbono. (Ibíd.)

Durante la **fase confirmativa** se emplea como medio de cultivo caldo lactosado bilis verde brillante el cual es selectivo y solo permite el desarrollo de aquellos microorganismos capaces de tolerar tanto las sales biliares como el verde brillante. (Ibíd).

➤ **Coliformes fecales.**

El grupo de Coliformes fecales, está constituido por

bacterias Gram-negativos capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 h. de incubación a $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$. Este grupo no incluye una especie determinada, sin embargo la más prominente es *Escherichia coli*. (Aurazo, 2010).

La *Escherichia coli*, al igual que otras numerosas bacterias originadas en las descargas fecales o provenientes de muchas otras fuentes no fecales; bacterias, se caracteriza por poseer las enzimas que se desarrolla a $44-45^{\circ}\text{C}$ en medio complejos fermentan lactosa y el manitol liberando ácido y gas y produce indol a partir del triptófano algunas cepas se pueden desarrollar a 37°C pero no a $44-45^{\circ}\text{C}$ y algunas no liberan gas. (Allen, 1978; anónimo, 1966; anónimo, 1976). Citado por (Flores & Wong, 2002).

El sistema de tratamiento para consumo de agua tales como la cloración puede convertir agua de fuentes contaminada por bacterias fecales en aguas libres de bacterias, siempre que la concentración de cloro residual sea mayor de 0.5 mg/l durante un periodo de contacto mínimo de 30 minutos. (Calidad del agua, 2011).

Normas bacteriológicas del agua.

La organización mundial de la salud (OMS) reúne los siguientes criterios:

- ✓ A lo largo del año, el 95% de las muestras no deben indicar presencia de organismos Coliformes cualquiera en 100 ml.
- ✓ Ninguna muestra debe de contener *Escherichia coli* en 100 ml.
- ✓ Ninguna muestra debe de contener más de 10 organismos de Coliformes.

- ✓ No se debe detectar organismos de Coliformes en 100 ml de cualquiera en dos muestras consecutivas (OMS, 2010, p. 1).

La contaminación del agua potable puede incorporar una variable de diversos organismos patógenos intestinales-bacterianos, virales y parasitarios cuya presencia está relacionada con enfermedades de tipo microbiano que puede existir en ese momento en la zona en estudio. **(Ibíd).**

3.4. Focos de contaminación.

Según (Bujan, 2010) el agua es insípida, incolora e inodora y es un recurso renovable en peligro por culpa de la actividad humana, (Diaz, 1999) citado por (Flores & Wong, 2002, p. 8) comentó que las actividades humanas e industriales se convierten en focos de contaminación hasta tal punto que sin control alguno, estos cambios de concentración hacen en muchos casos éstas aguas inutilizables para estas mismas actividades.

Fuentes de contaminación del agua.

Prácticamente todos los cursos de agua del país tienen algún nivel de contaminación, sobre todo si atraviesan ciudades. Se debe a los vertidos incontrolados o escasamente controlados de diferente naturaleza: orgánicos o inorgánicos de origen doméstico, industrial, agropecuario, etc. (Educa Sitios, 2011).

Los desechos cloacales se caracterizan por un alto contenido de materia orgánica y el problema radica cuando la cantidad de materia orgánica supera la capacidad depuradora del receptor. **(Ibíd).**

La contaminación se origina principalmente por descargas de aguas residuales sin tratar de origen: urbana, agropecuarias e

industrial. Considerando también que hay otras fuentes de contaminación externas, por ejemplo: Tiraderos de basura a cielo abierto, rellenos sanitarios defectuosos, descargas ocasionales e indebidas de materias y sustancias químicas, subproductos agropecuarios, y descombro de bosques, que se hacen sin control en distintos sitios alrededor de las poblaciones del municipio. (Guzman, 1997).

La contaminación del agua puede ser provocada por dos tipos de causas

- ✓ Causas naturales: geoquímicas, catastróficas.
- ✓ Actividad humana.

Por su parte, las actividades humanas pueden generar focos de contaminación de diversos tipos, que suelen clasificarse en tres grandes grupos de aguas residuales: (Anónimo, 2000).

- ✓ Aguas domésticas (aguas negras o fecales): procedentes del empleo del agua en la actividad doméstica.
- ✓ Efluentes agrarios: procedentes principalmente de cultivos agrícolas
- ✓ Efluentes industriales: aguas que han sido utilizadas en procesos industriales.

El primer problema que se plantea con estas aguas residuales es su captación. Las aguas domésticas se captan en los núcleos urbanos mediante los sistemas de alcantarillado. Los efluentes agrarios son muy difíciles de captar, ya que se producen sobre el propio terreno agrícola y se infiltran en él, resultando muy complicada su canalización. La captación de los efluentes industriales debe ser contemplada en el propio diseño de la planta. **(Ibíd).**

La contaminación no puntual que producen las actividades agrícolas mediante el uso en sus cultivos de agroquímicos o productos tóxicos peligrosos, son capaces de contaminar las fuentes de aguas superficiales o subterráneas por efectos de escurrimiento y erosión del suelo. (Asamblea Nacional, 2007).

Modificaciones hidrológicas	Modificaciones de cursos de agua, drenajes, presas, explotación de recursos y actividades relacionadas	Sedimentos, elementos
		Nutritivos, plaguicidas,
		Energía térmica, productos
		Químicos y microorganismos
Residuos	Desechos (sólidos, líquidos, gases) que llegan a las aguas a través de escorrentía, infiltración.	Contaminantes peligrosos
		(lodos, desechos Radiactivos, etc.). Evacuación directa

El uso racional de los recursos naturales, planeamiento territorial, protección de especies nativas, saneamiento de cursos de agua y aprovechamiento y reutilización de los desechos son algunos de los desafíos ambientales que hay que enfrentar (Rocha, 2010).

En toda actividad productiva existen costos y beneficios y, los costos de inversión en las actividades productivas, incluye costos de establecimiento, costo del manejo del cultivo, costos de aprovechamiento del cultivo y costos ambientales.

Los costos ambientales vendrían dados por la sumatoria de los costos de la inversión ambiental, más los costos de mitigación de impactos negativos generados por la actividad productiva y

otros costos relacionados con la conservación del ambiente (Paniagua, s.f).

Esto último, debería ser de mayor preocupación social, pues de acuerdo con (Wikipedia, 2010) las acciones humanas, motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social. **(Ibíd).**

Las relaciones causa-efecto entre el uso de la tierra y la disponibilidad y calidad de agua son difíciles de evaluar y con frecuencia inciertas, debido a la cantidad y complejidad de variables que pueden intervenir en esa relación. La alta variabilidad geográfica y climática en las cuencas, hace difícil hacer generalizaciones sobre el uso de la tierra y su impacto sobre los recursos hídricos, (Foro Regional de PSA, 2003).

Según Kiersch (2000) citado por (Baltodano, 2005) sobre los impactos del uso de la tierra en los recursos hídricos, afirma que es difícil formular declaraciones universales con validez sobre los impactos del uso de la tierra en los recursos hídricos por diferentes razones. Estos impactos dependen de un conjunto de factores naturales y socioeconómicos. Los primeros incluyen el clima, la topografía y la estructura del suelo. Los segundos, incluyen la capacidad económica y la sensibilización de los agricultores, las prácticas de manejo y el desarrollo de infraestructura. Además, los impactos de uso agrícola de la tierra podrían ser difíciles de distinguir de los impactos naturales o de los impactos de origen humano.

Las actividades agrícolas pueden conducir a un incremento en el aporte de nitrógeno a las masas de agua como resultado de muchos factores, incluyendo la aplicación de fertilizante, el estiércol procedente de la producción ganadera. La producción ganadera puede ser fuente principal de fósforo en las aguas; la escorrentía directa de explotaciones ganaderas intensivas

puede llevar a una degradación de las aguas superficiales y subterráneas. (Baltodano, 2005)

La aplicación de pesticidas supone un peligro para los recursos hídricos superficiales y subterráneos, ya que estas sustancias pueden ser tóxicas y persistentes. Los residuos de pesticidas encuentran un punto de salida a los recursos hídricos en el uso agrícola y la actividad forestal (Kiersch, 2000) citado por (Baltodano, 2005).

El impacto de los cambios en el uso-cobertura del suelo sobre el balance hídrico de la cuenca, dependerá de la severidad o intensidad con que se modifique la vegetación original, la inclinación, exposición y compactación del suelo mineral y finalmente, de la proporción de la cuenca afectada (Fallas, 1996).

La conversión de bosque a pasto u otros usos puede reducir la capacidad de infiltración del suelo, dado que el volumen de recarga del subsuelo se favorece para aquellas áreas de la cuenca con mayor cobertura boscosa (Hauveldop et al, 1986).

La concentración y la carga de nutrientes del agua de escorrentía son afectadas en forma marcada por el tipo de cobertura vegetal y el cambio del uso del suelo. En comparación con los sistemas naturales, tanto la agricultura como la ganadería tienden a incrementar la pérdida de nutrientes hacia las aguas superficiales (Zaimes y Schultz, 2002) citado por Barreto, (2008).

4. METODOLOGIA

4.1. Ubicación del estudio.

El presente estudio se realizó en la sub cuenca Uly y Micro cuenca Madriguera, Municipio de Siuna, en la sub cuenca de Uly específicamente desde la boca toma de la comunidad de Uly hasta la desembocadura del Rio Wasma con Uly (comunidad de Sikilta). En la micro cuenca de Madriguera desde la presa el mango 1 comunidad campo uno hasta la presa la rampla en la comunidad de Madriguera.

4.2. Tipo de estudio.

En este estudio no se manipularon las variables a estudiar, pero las variables se midieron dos veces, y dado que el interés fue comparar los resultados obtenidos con los estándares de la Norma CAPRE, el estudio es descriptivo, observacional y longitudinal.

Universo. Todas las sub cuencas y micro cuencas del municipio de Siuna.

El marco muestral: son las sub cuencas y micro cuencas que emanan del territorio de las reserva BOSAWAS y del territorio de la comunidad de Madriguera.

Unidad de Muestreo la constituyeron una sub cuenca (Uly) y una micro cuenca (Madriguera).

Unidad de análisis. Es el caudal hídrico de la Sub Cuenca Uly y la Micro cuenca Madriguera.

Unidad de observación. La sub cuenca Uly y sus afluentes desde la comunidad de Sikilta hasta la comunidad de Uly, y en

el caso de la micro cuenca Madriguera desde su parte agua hasta la presa en mango 1 en la comunidad de Campo uno.

4.3. Variables.

Calidad del agua y Focos de Contaminación del agua

4.4. Criterios de selección.

Importancia que éstas tienen en el abastecimiento de agua a la población urbana y rural del municipio de Siuna.

Las condiciones de calidad hídrica en la actualidad ha sido cuestionada por los usuarios de la misma y el consumo de agua contaminada representan un riesgo potencial para la salud humana.

El cambio de uso inadecuado del suelo en las riberas puede localizar potenciales focos de contaminación para las aguas.

4.5. Fuentes y obtención de la información.

Fuentes primarias:	Fuentes secundarias
El caudal hídrico de la sub cuenca Uly y Micro cuenca Madriguera	Bibliografías acerca de calidad de agua, estudios que se hayan hecho con respecto a calidad de agua, Internet.

Para la determinación de los parámetros físicos- químicos:

In situ:

Los parámetros físicos.

La temperatura, se midió en grado Celsius (°C) con un multitestester marca HANNA con una precisión de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$.

El pH se registró con un multitester marca HANNA con una precisión de ± 0.2 pH

Los sólidos totales se midieron con un instrumento HANNA (Watercheck) en partes por millón (ppm) con una precisión de ± 0.5 ppm.

La conductividad se midió con un instrumento HANNA (Watercheck) con una precisión de ± 1.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Para la ubicación de las coordenadas geográficas de cada uno de los sitios se usó un GPS marca Garmin 12XL con una precisión de ± 3 .

Para tomar el potencial de oxidación del agua se midió con un peachímetro marca HANNA con una precisión de $\pm 0.2\text{mV}$.

Ex situ.

Para la toma de la muestra se emplearon frascos de polipropileno esterilizado con tapones de roscas con capacidad de 500mL, el cuello del frasco se protegió de la contaminación cubriéndolo adecuadamente con una hoja de aluminio.

Las muestras realizadas fueron representativas del agua a examinarse y protegidas de una contaminación accidental durante el muestreo. Las muestras se etiquetaron con el lugar, fecha, la hora, la naturaleza del agua y otra información pertinente y se enviaron sin demora al laboratorio para su análisis (no más de seis horas) en un termo con hielo.

En todos los casos fue vital obtener muestras representativas de la fuente de agua para el estudio, así como brindar información adicional del entorno ambiental de dicha fuente de agua. También se realizó un análisis de la interpretación de los resultados en donde se dan a conocer los principales

problemas que causan los parámetros físicos-Químicos y bacteriológicos.

Procedimientos analíticos en el laboratorio.

Las muestras se trasladaron al laboratorio, preservadas con los procedimientos descritos anteriormente para su determinación analítica.

Los **análisis bacteriológicos** se hicieron mediante el método de la fermentación tubos múltiples, en los cuales se realizó una prueba presuntiva y posteriormente una prueba confirmativa a una temperatura constante de 37°C por 24 horas en ambos se reportaron número más probables en 100 mililitros (NMP/100 mL) de microorganismo existentes.

Medios de cultivos y reactivos.

Agua de dilución.

Solución stock A. Fosfato mono potásico

34.0 g

Preparación. Se disolvió el fosfato mono potásico en 500mL de agua destilada, se ajustó el pH hasta 7.2 con NaOH 1N y se completó el volumen a un litro de agua destilada.

Solución stock B Sulfato de magnesio

50.0 g

Preparación. Se disolvió el sulfato de magnesio en un litro de agua destilada.

Preparación del agua de disolución.

Se agregó 1.25 mL de la solución stock A de fosfato mono potásico y 5 mL de la solución stock B de sulfato de magnesio

a un litro de agua destilada. Se distribuyó en frascos la cantidad de 90 mL.

Prueba presuntiva

Cada muestra se agitó y se transfirieron volúmenes a cada uno de los tubos con caldo lauril sulfato de sodio seleccionado. Se agitaron los tubos para homogeneizar la muestra.

La preparación de inóculo con caldo lauril sulfato de sodio será la siguiente:

Inoculo (ml)	Cantidad de medio por tubo (ml)	Volumen de medio mas inoculo (ml)	Caldo lauril triptosa requerido	Concentración
1	10	11	35.6	1 X

Se incubaron los tubos a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Se examinaron los tubos a las 24 horas y se observó en ellos, la formación de gas (desplazamiento del medio en la campana de Durham); en los que no se observó producción de gas, se incubaron 24 horas más.

Prueba confirmativa de microorganismos Coliformes totales

El procedimiento que se siguió fue el siguiente:

- Se transfirió una azada de cada tubo positivo obtenido durante la prueba presuntiva, a otro tubo de 16 x150 mm que contiene caldo de bilis verde brillante (brila), con campana de Durham.
- Se agitó cada tubo para su homogeneización.
- Se incubaron a $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 a 48 horas.

- Se registraron como positivos aquellos tubos en donde se observó turbidez (crecimiento) y producción de gas después de un período de incubación de 24 a 48 horas.

Se consultó la tabla 1 ó 2 de NMP para conocer el número más probable de organismos Coliformes totales/100 mL.

Prueba confirmativa de microorganismos Coliformes fecales.

- Se transfirieron de 2 a 3 asadas de cada tubo positivo obtenido durante la prueba presuntiva (caldo lauril sulfato de sodio) a un tubo de 16 x 150 mm, con caldo EC conteniendo campana de Durham.
- Se agitó cada uno de los tubos para su homogeneización.
- Se incubó a $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ en un baño de agua durante 24 a 48 horas
- Se registraron como positivos todos los tubos en donde se observó crecimiento y producción de gas después de un período de incubación de 24 a 48 horas.

Se consultó la tabla 1 de NMP para conocer el número más probable de organismos Coliformes totales y coliformes fecales/ 100 mL. (Ver anexo 1)

La Tabla 1 del anexo 1, proporcionó los N.M.P. para combinaciones de resultado positivos y negativos cuando son inoculadas 5 porciones de 10ml, 5 porciones 1ml y 5 porciones de 0.1ml de muestra. Los volúmenes indicados en la tabla están referidos a muestras de agua sin tratar o insuficientemente potabilizadas.

Cuando son inoculados sólo 3 series de 5 tubos, siendo utilizados los volúmenes indicados en la tabla (10ml, 1ml y 0.1ml), el M.N.P. es obtenido directamente de la tabla 1. Para lo cual se seleccionaron las series con resultados positivos,

obtenidos en las tres series consecutivas inoculadas. Se formó el código y se verificó el M.N.P en la tabla 1 del anexo 1.

4.6. Análisis estadístico.

El cálculo de la densidad probable de bacterias Coliformes termo tolerante se basó en la combinación de los resultados positivos y negativos obtenidos en cada dilución. La densidad de Coliformes totales se expresara como NMP de Coliformes por 100 mL y se obtuvo a través de tablas en las que se presenta el límite de confianza de 95% para cada valor de NMP determinado de acuerdo con las diluciones empleadas. El análisis se hizo por comparación entre los resultados obtenidos y las normas mínimas aceptables por la organización mundial de la salud (OMS) o la organización panamericana de la salud (OPS), en este caso particular por la Norma CAPRE

En el caso de los **análisis químicos**, la toma y envío de las muestras al laboratorio se hizo de la manera descrita anteriormente. Las mediciones de estos parámetros se hicieron de acuerdo con los métodos descritos en el Estándar methods for the examination of wáter and wastewater

Parámetros	Método
Cianuro total en agua	450-CN C.D
Turbidez	2130-B
Cloruro	4110.B
Nitratos	4110.B
Nitritos	4500-NO2.B
Hierro total	3500-Fe.D
Sulfato	4110.B
Fosfato react disuelto	4500-P.E
Dureza total	2340.C

En el caso de los **análisis Físicos** se realizaron por medio de la observación personal sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y, en el caso de otros parámetros como la temperatura, se compararon los resultados con los referidos por la Norma CAPRE.

Con respecto a los **focos de contaminación** se hizo un contraste de uso actual del suelo con los resultados obtenidos de calidad del agua en el análisis de laboratorio.

En cada punto de muestreo, se describieron las condiciones eco - ambientales (topografía, uso del suelo, cobertura vegetal, otros) del entorno cercano a las fuentes, así como información adicional sobre condiciones atmosféricas durante el muestreo. Además se observó en términos de las actividades productivas el uso del suelo, las posibles tendencias de la aplicación de agroquímicos, producción de desechos pecuarios y una inadecuada práctica de eliminación de residuos en los cauces de las quebradas y ríos, que podrían ocasionar alteraciones físico-químicas y bacteriológicas en la calidad del recurso hídrico.

4.7. Operacionalización de variables.

Variable	Concepto	Dimensión	Indicadores	Sub indicador	Escala
Calidad del agua	Composición del agua en la medida en que es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas.	Físico	Temperatura, pH sólido totales Conductividad, Turbidez Potencial redox	°C. unidades ppm/100mL us/cm UNT mV	Intervalo Razón Razón Razón Intervalo
		Químico	Nitritos Nitrate Hierro total Cianuro Cloruros Dureza total Fosfato reactivo disuelto Sulfatos	mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L mg/L	Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón Razón
		Bacteriológico	Coliformes fecales Coliformes totales.	MPN/100mL MPN/100mL	Razón Razón

Focos de contaminación	Cursos de agua con algún nivel de contaminación	Sub cuenca Uly Micro cuenca Madriguera	Modificaciones hidrológicas Residuos	Cambio de uso del suelo Desechos sólidos, líquidos y gaseosos	Nominal Nominal
------------------------	---	---	---	--	--------------------

5. RESULTADOS.

En la sub cuenca de Uly se realizaron seis puntos de muestreos en dos temporadas en donde el primer muestreo se realizó en época de verano y el segundo, en invierno; en la micro cuenca de Madriguera se realizaron tres puntos de muestreos, de igual manera, se muestrearon en verano y en invierno. Se analizó en cada punto de muestreo el nivel de concentración de los indicadores de calidad del agua superficial: parámetros Físicos -Químicos y Bacteriológicos.

El agua, tal como se encuentra en la naturaleza, habitualmente no se puede usar en forma directa para consumo humano, por no encontrarse suficientemente pura. A su paso por el suelo, el subsuelo o el aire, el agua recoge materia en suspensión o solución como arcillas, organismos vivos como plantas, bacterias, virus y huevos de parásitos, sales disueltas, materias orgánicas y gases. (Pacheco)

Además de lo anterior, las propiedades de una fuente de agua varían con su hidrología, longitudinalmente respecto al tiempo y la estación, así como con la distancia recorrida sobre el suelo y a través de éste. A continuación, los datos más destacados por su valor elevado.

Parámetros físico – químicos del agua.

En el primer muestreo en las dos fuentes en estudio, se analizaron los siguientes parámetros de calidad del agua: *turbidez, nitrato, nitritos, hierro total, dureza total y cianuro.*

En el segundo muestreo, se sustituyeron aquellos parámetros que no constituyeron riesgo alguno para la salud de los usuarios: *nitritos, nitratos y cianuro* según el valor encontrado, y fueron reemplazados por cloruros, sulfatos, fosfatos, a excepción de los nitritos y nitratos.

En la tabla 1 se muestran los datos que evidenciaron valores superiores a los admisibles por la ¹CAPRE. Para el caso de muestreo en verano solo el trasvase Mango I superó el valor recomendado por la CAPRE en término de turbidez (500); en caso del segundo muestreo (invierno) todos los puntos muestreados superaron el valor máximo admisible (5 UNT), con ello puede deducirse que el grado de turbidez del agua superficial en estas fuentes, es influenciada por el nivel de precipitación descendido en estas zonas.

Otro detalle es que Wasma, la parte más alta y montañosa perteneciente a la sub cuenca Uly y, la Rampla, en la micro cuenca Madriguera, también con cubierta vegetal muy importante, revelaron los valores más bajos de turbidez en ambos muestreos.

Estos detalles despiertan cierta curiosidad sobre la interdependencia del tipo de cubierta vegetal y la turbidez, sin embargo, es de suponer que la variable turbidez esté asociada con otras variables, como la intensidad de lluvia, tipo de cobertura, la pendiente topográfica, la forma del relieve, otras, información que aun no son concluyentes y merecen atención especial en próximos estudios.

¹ Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana.

Tabla 1. Parámetros Físicos-químicos relevantes por fuente hídrica, Siuna 2010.

	Parámetro	Turbidez (UNT)		Hierro (mg/l)		Dureza (mg/l)	
		Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno
	Sitio						
Madri	Mango I	500.0	24.1	0.44	0.52	58.0	57.4
	Mango II	4.6	197.0	0.43	14.22	42.0	29.70
	Rampla	1.8	12.6	0.12	0.49	44.0	27.72
Sub cuenca Uly	Bocatoma Uly	3.9	60.2	0.30	2.65	106	50.40
	Azadín	3.95	45.0	0.22	2.29	182	92.07
	Boca de Asa	3.9	91.2	0.13	4.83	224	94.05
	Uly	2.5	37.9	0.44	1.22	82	34.65
	Wasmak	1.5	55.8	0.11	1.36	94	34.65
	Cipulwas	2.4	14.8	0.12	0.41	398	97.02

La turbidez, aunque es un parámetro de tipo estético se debe destacar que una alta turbidez suele asociarse a altos niveles de microorganismos causantes de enfermedades, como por ejemplo, virus, parásitos y algunas bacterias. Estos organismos pueden provocar síntomas como náuseas, retortijones, diarrea y dolores de cabezas asociados.

La fuente común de contaminación en el agua por turbidez (según lo observado in situ) se debe al agua de escorrentía que se desplaza por el terreno desprotegido y con pendiente fuertes, pero también es importante señalar que, la forma del drenaje natural, tal es el caso, de la represa Mango I que en el verano, se destacó por su elevado valor (500UNT), sin embargo, en invierno el incremento de turbidez en los puntos de muestreo tanto en la subcuenca Uly como en la microcuenca Madriguera es generalizado (ver tabla 1)

Con respecto al hierro, el Río Uly, Mango I y II en época de verano, evidenciaron valores elevados de hierro total, 0.44, 0.44 y 0.43 mg/l, respectivamente. En la época de invierno, éste parámetro fue aún muy superior a los anteriores (Véase tabla 1) y en todos los nueve puntos de muestreo predefinidos para las dos fuentes de agua (Uly y Madriguera). Los valores tanto de turbidez como de hierro se observó que variaron con la época de muestreo.

En el primer muestreo, el agua estaba de color café, a un verde amarillento; un olor a chicuis (huevo podrido), sabor a charco, también se observó la presencia de muchas aves silvestres (garzas) en los árboles que se encuentran dentro de la presa.

La dureza debe analizarse principalmente por su valor como parámetro estético y además, porque se requiere conocer su concentración para calcular la cantidad de sulfatos presentes en el agua. Aunque en estos muestreos no se presentó problema alguno con este elemento ($<300\text{mg.l}^{-1}$ CaCO_3 valor recomendado por la norma CAPRE), pero la concentración de sulfatos es importante para deducir por cálculo la dosis de sulfato de aluminio agregada en el tratamiento, a fin de comparar este resultado con los reportes de los operadores de la planta. La concentración de sulfatos producto de la concentración en el agua cruda y el aporte del coagulante, la diferencia de estos aportes ha de ser de 2.0 unidades.

Existen dos tipos de dureza: La dureza temporal y permanente.

La dureza temporal se produce por carbonatos y puede ser eliminada al hervir el agua o por la adición de cal (hidróxido de calcio). Mientras que la dureza permanente, no puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia de sulfatos de calcio y magnesio y/o cloruros en el agua, que son más solubles, mientras sube la temperatura.

La dureza del agua no tiene efectos negativos para la salud y el ambiente, pero sí provoca otros inconvenientes como el riesgo que se rompan con mayor facilidad los electrodomésticos, peligro de obstrucción de tuberías debido a la cal y la necesidad de usar más agua y jabón en la ducha diaria. El límite para las aguas de consumo es de 300mg/l CaCO_3 (DEPARTAMENTO DE CALIDAD Y AMBIENTE, s.f.)

En la parte de la bocana de Wasmak los suelos son de uso agropecuarios, con una erosión moderada, la ganadería la utilizan en pequeña escala menos que la agricultura, por lo tanto las mayores actividades que se realizan son en la parte agrícola. Se determinó una pendiente promedio a ambos lados de 4%. En el momento del muestreo el cielo estaba nublado con presencia de lluvia y vientos fuertes; el agua era de color café oscura y de olor normal. La población más cercana está a unos 2km por tanto, las riberas están cubiertas de vegetación natural y, en consecuencia sin presencia de animales.

En la sub cuenca de Uly y en épocas de verano, el agua mostró una apariencia de color café oscuro, con un olor normal; el clima era cálido fresco con nubes dispersas, El suelo está deforestado y con síntomas de erosión moderada en las áreas de pastos y con presencia de bovinos y equinos a su alrededor.

Parámetros bacteriológicos del agua.

En el caso de los coliformes, por si mismos, no constituyen una amenaza para la salud; su determinación se usa para indicar si pudiera haber presentes otras bacterias posiblemente nocivas e indicar que el agua podría estar contaminada con heces fecales o animales. Los microbios que provocan enfermedades y que están presentes en las heces causan diarrea, retortijones, náuseas, cefáleas u otros síntomas, por lo que representan un riesgo para la salud de bebes, niños pequeños y personas con sistemas inmunológicos gravemente

comprometidos. Los coliformes se presentan naturalmente en el ambiente; los coliformes fecales y la *E. coli* provienen de heces fecales de humanos y animales.

Tabla 2. Parámetros bacteriológicos relevantes por fuente hídrica, Siuna 2010.

	Parámetro	Colifecales(NMP/100ml)		Colitotales(NMP/100ml)	
		Verano	Invierno	Verano	Invierno
	Sitio				
Madri guera	Mango I	0	80	20	80
	Mango II	20	40	80	90
	Rampla	110	0	300	0
cuenca	Bocatoma Uly	140	110	300	170
	Azadín	170	130	5000	170
	Boca de Asa	260	40	3300	40
	Uly	130	110	170	700
Sub Uly	Wasmak	170	80	170	110
	Cipulwas	400	500	400	500

La parte bacteriológica evidenció una situación no deseada, tanto en el primer muestreo como en el segundo, pues su presencia obliga a efectuar tratamientos al agua antes de su empleo y consumo por parte de los seres humanos. Excepto, La Rampla Madriguera que en el segundo muestreo no mostró evidencia de coliformes totales ni fecales. La tendencia de los datos revela una ligera disminución en el segundo muestreo (invierno), sin embargo, puede ser o relación causal o espuria (Véase la tabla 1).

Estadísticos descriptivos					
Coliformes fecales (NMP/100mL)	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Invierno	9	121.22	147.84	1.00	500.00

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

	Coliformes fecales (NMP/100mL)	N	Rango promedio	Suma de rangos
Invierno	Rangos negativos	6	5.25	31.50
Verano	Rangos positivos	3	4.50	13.50

Estadísticos de contraste ^b para coliformes fecales (NMP/100mL) en invierno y en verano

Dado los descriptivos previos, los valores son lo suficiente altos para afirmar que las fuentes en estudio tienen problema de contaminación bacteriológica y, numéricamente parece existir diferencias entre ambos muestreos; pero basado en los resultados de la prueba estadística de Wilcoxon, y en un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ los datos ($Z = -1.067$ basado en los rangos positivos) muestran poca evidencia que indiquen que existen diferencias significativas entre los dos muestreos.

Además de lo anterior se calculó el grado de asociatividad entre la variable turbidez y nitrato, pero solo en la sub cuenca Uly se estimó una relación positiva ($r = 0.63$), al manifestarse este resultado en una de las fuentes hídricas y no en la otra, no es un dato concluyente, ni generalizable.

En el caso de la turbidez versus nitrito se estimó una cierta relación positiva (Madriguera $r = 0.50$ y Uly $r = 0.35$), pero al igual que las anteriores, es menester realizar más observaciones para eliminar relaciones o asociaciones espurias en los resultados correspondiente a estas variables.

Un parámetro que resultó relevante fue el hierro, por lo que se estimó su asociatividad con la turbidez, los resultados mostraron una relación positiva y, en el caso de Uly una correlación muy alta ($r = 0.94$).

El parámetro de conductividad eléctrica no nos indica, específicamente, cuales son los iones presentes en una determinada muestra de agua, pero puede ayudar a detectar posibles impactos ambientales que ocurran en la cuenca de desagüe debido a la descarga de desperdicios domésticos, minería, aguas fecales, etc.

Con respecto al Oxígeno, se puede decir que, los desperdicios orgánicos arrojados en los cuerpos de agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno en la respiración. En este estudio los valores indican estar en el rango mínimo aceptable (200 a 400 mV, medido como potencial oxidación – reducción). De esa forma, cuanto mayor sea la carga de materia orgánica, mayor será el número de microorganismos que descomponen y, consecuentemente, mayor el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos y menor es la concentración del oxígeno en el agua de la fuente.

Los nitratos son típicos de las aguas residuales domésticas frescas y es muy móvil y estable en condiciones aeróbicas, pueden provenir de fertilizantes, aguas negras y desechos industriales. Pueden causar la eutroficación de pozas y esto ocurre cuando los nutrientes (tales como los nitratos y los fosfatos) se añaden a la masa de agua (Comunidad de Madrid, s.f.) De acuerdo con los datos referidos por el Laboratorio, ninguna de las muestras analizadas, muestran resultados fuera de los rangos recomendados, sin embargo, estos nutrientes pueden provenir del escurrimiento de tierras agrícolas y pastos, detergentes y desechos de los animales.

Se debe de señalar que la determinación de nitratos es importante, ya que, cuando se halla en elevadas concentraciones en las aguas de consumo humano, es causante de la enfermedad infantil conocida como

“metahemoglobinemia”, que se caracteriza por la incapacidad de la sangre para absorber oxígeno.

El fósforo generalmente está presente en las aguas naturales en forma de fosfatos. A pesar de no existir valores de referencia en la CAPRE, los fosfatos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes y pueden llegar al agua con el escurrimiento agrícola y otros desechos. Los fosfatos, al igual que los nitratos, son nutrientes para las plantas. Cuando entra demasiado fosfato al agua, florece el crecimiento de las plantas (Comunidad de Madrid, s.f.), en este estudio los valores obtenidos no revelan significancia o algún indicio de altas concentraciones que pongan en peligro a los consumidores del recurso agua de las descritas fuentes en estudio.

Las masas de agua con altos niveles de fosfatos generalmente tienen niveles altos de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) debido a las bacterias que consumen los desechos orgánicos de las plantas y, posteriormente a los niveles bajos de oxígeno disuelto (OD).

Para contrastar lo antes descrito, referiré algunas observaciones como por ejemplo, la Bocana del Río de ASA, cuya superficie del agua realizaba en su momento, un movimiento relativamente calmo, viento moderado y potreros y ganado en sus alrededores, los valores de potencial RedOx estuvo por debajo del límite recomendado por la norma CAPRE (200 a 400mv) y en todas las muestras tomadas sobre el río Uly evidenciaron presencia de fosfatos.

En el caso de Bocana Azadín, la superficie del agua era relativamente calma, de color turbia y olor normal. Sin embargo, posee características que favorecen los riesgos de disminución de la calidad, estas características son: la pendiente ribereña de aproximadamente 30% y, la güiricería

practicada en el lecho del río mismo, a pesar de poseer muchas represas en el primer muestreo.

La Bocatoma río Uly en el momento del muestro el color del agua era clara y de olor normal. A unos 50m de la zona de muestreo están varios bovinos tomando agua directamente en el río. Esto es una práctica muy común entre los comunitarios.

El Rio Wasmak, y el rio Uly la superficie del agua estaba relativamente calma, de color clara y olor normal, estos son detalles interesantes, pero con respecto al primero, un agua calma no permite buena oxigenación especialmente si contiene mucha materia orgánica en el agua y, desde luego, muchos microorganismos que demandan el oxígeno. Los suelos son de uso agrícola, pero en pequeña escala.

En el caso del río Cipulwas el agua era de color verde amarillenta y con un olor a chichuís (olor a huevo podrido). Este olor no es característico del agua y, puede deberse a trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos que le confieren un olor y sabor desagradables. El suelo está deforestado y presenta síntomas de erosión en las áreas de pastos y con animales bovinos y equinos.

Focos de contaminación.

La calidad de las fuentes hídricas son afectadas por el tipo de cobertura vegetal y el cambio del uso del suelo, especialmente con el uso inapropiado del suelo y del agua; en algunos puntos de muestreo se observó que los animales toman el agua directamente del río. En comparación con los sistemas naturales, tanto la agricultura como la ganadería tienden a incrementar la pérdida de nutrientes, erosión de suelos, degradación de la cobertura vegetal y la deposición en las fuentes ocasionando alta concentración de turbidez y otros contaminantes. (Barreto, 2008).

En los dos muestreo (verano-invierno) los parámetros físico-químicos se determinó solo un foco de contaminación en el Mango I de la micro cuenca madriguera que presentó **500(UNT)** de hierro en el muestreo en verano.

En la parte bacteriológica se determinaron tres focos de contaminación ubicados en la sub cuenca de Uly. El primero es el río Azadín con **5000 (NMP/100ml)** de Colitotales. En segundo lugar se determinó el río Boca de Asa con **3300 (NMP/100ml)** de Colitotales. Estos dos primeros resultados fueron en el primer muestreo y en un tercer lugar se determinó el río Cipulwas ya que este salió afectado en los dos muestreos (invierno-verano) y en las colifecales y colitotales.

Tanto en la sub cuenca Uly como en la micro cuenca Madriguera las actividades productivas realizadas a orillas de las fuentes de agua de la zona de estudio son generalmente la ganadería extensiva, con Retana (*Ischaemun ciliare*) como pasto predominante.

Las prácticas productivas principales, conllevan procesos erosivos, dado que la cobertura vegetal esta disminuida a orilla de los ríos, principalmente y, no se observaron obras de conservación de suelo y agua, especialmente agronómicas que contribuyan al no arrastre de sedimentos y microorganismos que son depositados en las fuentes de agua.

En el caso de las letrinas que son muy pocas las que existen en la zona de estudio refiriéndose a la sub cuenca Uly, todas se inundan en el periodo de invierno, esto se convierte en un foco de contaminación patógena para las fuentes de agua cercanas.

El uso doméstico generalizado es el lavado directamente en las fuentes en estudio tanto de ropa como de utensilios que

pueden ser utilizados en patios de ordeño, fumigación y fertilización de zonas de pastos, otros.

El manejo brindado a los animales, permite que éstos consuman el agua directamente del río, por lo que, es de esperar defecación de los animales en la fuente de agua y con ello un aporte sustancial de bacterias coliformes fecales, entre otras.

El manejo del suelo y del agua brindada por los productores y demás comunitarios con fines productivos, modifican la calidad de las aguas, especialmente la calidad bacteriológica, (ver resultados de coliformes totales y fecales en las tablas arriba descritas). Pues la presencia de microorganismos patógenos en el agua esta relacionada con la cantidad de materia orgánica depositada en las fuentes de agua y, esto último, depende grandemente de los agentes erosivos que inciden en un suelo generalmente desprotegido y con mal manejo de los mismos.

Los desechos domésticos, culturalmente, son acumulados en alguna parte del terreno y es una forma de manejo tradicional más económica. Sin embargo, muchas sustancias derivadas de la descomposición de los materiales depositados están sujetas al arrastre por las lluvias hasta alcanzar los acuíferos.

Actividades socio-productivas vinculadas a las causales de la contaminación de los afluentes.

Los problemas relacionados con la contaminación del agua se hacen cada vez más visibles, (OMS, 2010) pues la escasez generalizada del recurso agua, su destrucción gradual y su creciente contaminación, es motivo suficiente para ocuparse de su estado actual.

La expansión económica, el crecimiento demográfico en las riberas, especialmente de la sub cuenca Uly, está siendo acompañada de estilos de vida que requieren de más consumo y producción de residuos, específicamente por la tendencia a la actividad ganadera en la zona, esto requerirá en un futuro cercano el empleo creciente de mayores cantidades de agua. **(Ver gráfico 1)**

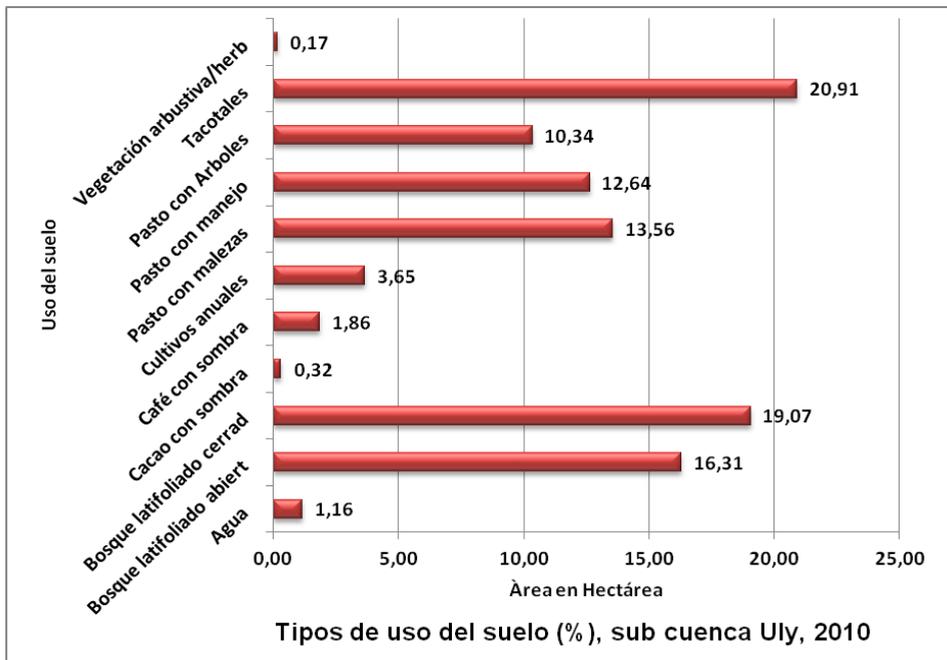


Gráfico 1. Uso actual del suelo, sub cuenca Uly, 2010.

El uso racional de los recursos naturales, planeamiento territorial, protección de especies nativas, saneamiento de cursos de agua y aprovechamiento y reutilización de los desechos según (Rocha, 2010) son algunos de los desafíos ambientales. Este desafío también hace cómplice a los usuarios de dicho recurso proveniente de estas fuentes.

Los datos mostrados en el gráfico evidencian el deterioro de las riveras de la sub cuenca Uly, el 57.45% se halla como áreas con pasturas degradadas y tacotales. El 35.38% del área se halla con bosque. (Fallas, 1996). **(Ver anexo 4)**

La tendencia de estos usos están mas orientados a actividad ganadera en un corto o mediano plazo y en un futuro cercano puede haber grandes cambios en los estándares de calidad del agua, sin una buena implementación de obras de conservación del suelo y agua.

Cuando muchas variables influyen sobre un determinado aspecto es complicado determinar las más influyentes. La sub cuenca Uly, por su forma alargada, su caudal depende grandemente de sus tributarios, mismos que además de aportar agua a su caudal puede también aportar elementos que influyen en la calidad de la misma. Por otra parte, cada uno de los tributarios recibe diferentes influencias positivas o negativas de las actividades que se realizan a sus alrededores y que determinan tanto su cantidad como la calidad del agua que de ellos emanan.

En el caso de la micro cuenca Madriguera es una fuente con menos cobertura vegetal según los datos obtenidos del mapa de uso actual del suelo y más influencia antrópica, ello hace suponer agua de menor calidad desde el punto de vista bacteriológico, un aspecto muy relacionado con factores socioeconómicos, sensibilización, las prácticas de uso y manejo del recurso suelo y del agua, también están los factores naturales que también influyen en la cantidad y calidad del agua, como el clima, la topografía y la estructura del suelo. Sobre esto (Baltodano, 2005) refiere que, los impactos de uso agrícola de la tierra podrían ser difíciles de distinguir de los impactos naturales o de los impactos de origen humano.

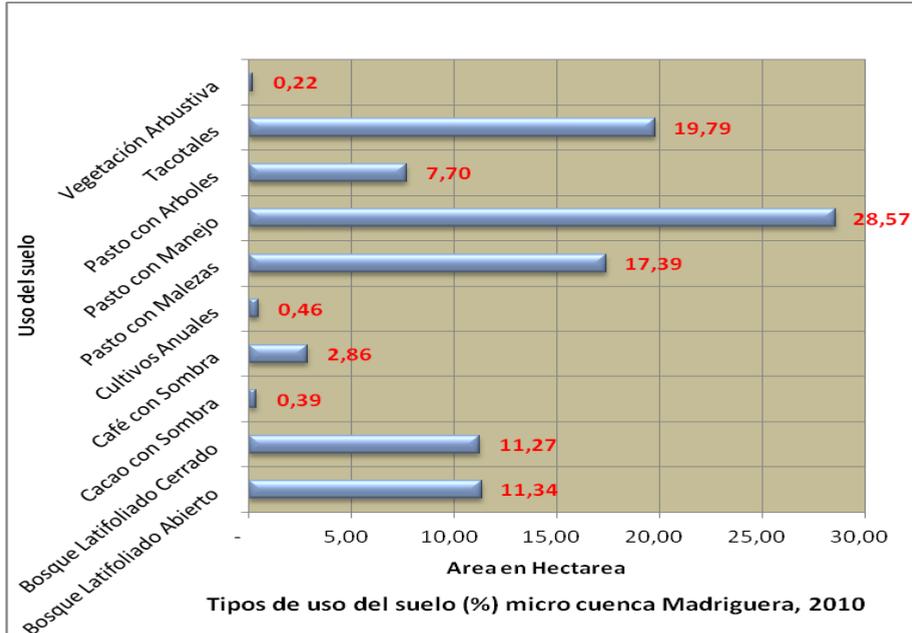


Gráfico 2. Uso actual del suelo, micro cuenca Madriguera, 2011
 La producción ganadera puede ser fuente principal de los focos de contaminación en las aguas; la escorrentía directa de explotaciones ganaderas intensivas puede llevar a una degradación de las aguas superficiales y subterráneas. También por otra parte la aplicación de pesticidas supone un peligro para los recursos hídricos superficiales y subterráneos, ya que estas sustancias pueden ser tóxicas y persistentes.

Cabe destacar que la mayor influencia de las actividades humanas esta sobre las riberas de la sub cuenca de Uly (**ver anexo 4**)

En el caso de la micro cuenca Madriguera, el **34.06%** del área en estudio se encuentra en pasturas pocas degradadas, pero la topografía pone en riesgo en dichas áreas a corto plazo, aunque se le de buen manejo; gran parte de esta área no es

apta para la actividad ganadera, su principal limitante es la pendiente topográfica y, la que mas favorece los procesos erosivos. **(Ver anexo 6, cuadro de uso actual del suelo, micro cuenca Madriguera)**

La mayor influencia de las actividades humanas está a lo largo de la ribera de la micro cuenca Madriguera, en orientación norte del área correspondiente **(ver anexo 5)**

6. CONCLUSIONES

En términos de los parámetros físicos – químicos, tanto el primer muestreo como el segundo los problemas encontrados se refieren a turbidez y a altas concentraciones de hierro total, en donde se encontraron valores distintos de los valores referidos en las normas Calidad de agua potable y saneamiento de Centro América, Panamá y República Dominicana (CAPRE). Estos parámetros incrementaron levemente su valor aparentemente con la presencia de las primeras lluvias en la zona de estudio en el segundo muestreo.

Existe contaminación bacteriológica en los puntos de muestreos reportados. Sin embargo, en el segundo muestreo evidenciaron un descenso, inclusive, en el punto de captación La rampla, Madriguera, las bacterias en cuestión estuvieron ausentes.

La concentración de coliformes fecales desde el punto de vista estadístico no existen diferencias significativas a un nivel de significancia de 5% en ambos muestreos.

Los procesos contaminantes de las aguas superficiales tanto en la sub cuenca Uly como en la micro cuenca Madriguera son muy difusos y provocan contaminación dispersa en zonas amplias en las que no es fácil identificar un foco principal. En el caso de las letrinas que son muy pocas, éstas en invierno se inundan y pueden convertirse en focos puntuales de contaminación patógena.

En los parámetros físicos-Químicos solo se pudo determinar un foco de contaminación en la turbidez y está ubicado en el mango I (turbidez) Micro cuenca Madriguera.

En la parte bacteriológica se determinaron tres focos de contaminación ubicados en la sub cuenca de Uly, como primer

lugar tenemos el río Azadín, le sigue el río Asa y luego, el río Cipulwas.

Aparentemente, de acuerdo con lo observado in situ, el grado de contaminación está relacionado con manejo y tipo de práctica realizada a orillas de las fuentes de agua, especialmente prácticas que exigen la remoción de cobertura vegetal como los cultivos agrícolas y pecuarios.

Las principales actividades en las zonas en estudio están relacionadas con los cultivos agrícolas, sin embargo, la tendencia a formar áreas de pastizales es alta, tanto en la subcuenca Uly como en la microcuenca Madriguera.

7. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos, se puede decir que:

- ✓ Reorientar las prácticas productivas sobre la base de un plan conservacionista de suelo en función del uso potencial de los suelos en la zona.
- ✓ Definir alianzas estratégicas con diferentes actores locales para brindar asistencia técnica en relación al uso de los suelos.
- ✓ Es necesario reorientar a la población en los valores sociales, ambientales y económicos del agua que posibilitan la seguridad de las poblaciones.
- ✓ Que la seguridad ambiental se garantice a partir de la aceptación, valoración y cumplimiento de responsabilidades individuales, sociales e institucionales en el manejo adecuado, conservación y restauración de los ecosistemas.
- ✓ Aplicar como mínimo un muestreo trimestral en el área rural cuyos habitantes son abastecidos con aguas superficiales.
- ✓ Es importante estimar la eficiencia en la remoción de microorganismos producto del proceso de tratamiento recibido antes de la distribución a los usuarios.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Adan, S. J. (2010). *por un planeta con más agua*. Recuperado el 18 de marzo de 2011, de http://www.savethechildren.org.ni/index.php?option=com_content&view=article&id=114%3Apor-un-planeta-con-mas-agua&catid=1%3Ainstitucionales&Itemid=8
- ALCALDIA de Siuna. (2010). *Agua y saneamiento en Siuna*. Recuperado el 19 de marzo de 2011, de <http://www.manfut.org/RAAN/siuna.html>.
- Anónimo. (17 de Noviembre de 2000). *Informe de agua*. Recuperado el 25 de Febrero de 2010, de <http://www.cepis.ops-oms.org/powww/eva2000/Nicaragua/informe/inf-07.htm>
- APHA; AWWA; WPCF. (1989). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Washington.
- Asamblea Nacional. (04 de Septiembre de 2007). Ley 620. *Ley general de aguas nacionales*. Managua, Nicaragua: La Gaceta.
- Aurazo, M. (2010). <http://www.cepis.ops-oms.org>. Recuperado el 28 de Julio de 2010, de <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/manual.pdf>
- Baltodano, M. (2005). *www.geolatina.net*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2010, de http://www.geolatina.net/cuencasnicaragua/sites/default/files/file/Tesis/Val%20econom%20SAH%20Jucuapa_TESIS.pdf
- Barreto, P. (9 de Abril de 2008). *Efectos iniciales de la aforestación sobre la calidad del agua de escurrimiento en una cuenca del río Tacuarembó*. Recuperado el 22 de Junio de 2011, de http://www.fagro.edu.uy/~ramas/Tesis%20Maestria_Barreto_esp.pdf
- Bujan, D. (23 de Febrero de 2010). *Análisis del agua*. Recuperado el 23 de Febrero de 2010, de

- <http://www.monografias.com/trabajos5/anagua/anagua.shtml>
- Calidad del agua. (31 de Mayo de 2011). *Wikipedia*. Recuperado el 01 de Junio de 2011, de La enciclopedia libre:
http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Calidad_del_agua
- CAPRE. (4 de Octubre de 1995). Norma técnica nacional para la calidad del agua potable. Centro américa, Panamá y República Dominicana.
- CEMAT. (03 de Septiembre de 2001). *Manejo de los residuos sólidos*. Recuperado el 01 de Junio de 2011, de <http://www.cemat.org/c4.html>
- Comisión para la Cooperación Ambiental. (2008). *Calidad del agua*. Recuperado el 08 de 06 de 2011, de http://www.cec.org/Storage/35/2631_SOE_WaterQuality_es.pdf.
- Comunidad de Madrid. (s.f.). *Calidad ambiental*. Recuperado el 28 de Julio de 2010, de Calidad del agua:
http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM_InfPractica_FA&cid=1114188118859&idTema=1109265600477&language=es&pagename=ComunidadMadrid/Estructura&pv=1114188120033&segmento=1&sm=1
- DEPARTAMENTO DE CALIDAD Y AMBIENTE. (s.f.). *Parámetros de calidad del agua del consumo*.
- Educa Sitios. (2011). *Fuentes de contaminación del agua*. Recuperado el 12 de 05 de 2011, de <http://educasitios.educ.ar/grupo348/?q=node/64>.
- Flores, O., & Wong, J. (2002). *Calidad microbiológica del agua de consumo humano en el sector urbano de Rosita*. Rosita.
- Guzman, M. (12 de 12 de 1997). *Las aguas superficiales. Diagnóstico. Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Jalisco. Marco Físico*.

- Instituto de tecnología. Universidad de Guadalajara.* Recuperado el 15 de 03 de 2011, de http://www.acude.udg.mx/jalisciencia/diagnostico/fisico/fis_agsup.pdf
- Ingeniería Ambiental. (23 de febrero de 2009). *Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos del agua.* Recuperado el 23 de febrero de 2010, de <http://ingenieriaambientalapuntes.blogspot.com/2009/03/parametros-fisicos-quimicos-y.html>
- OMS. (01 de marzo de 2010). Recuperado el 25 de agosto de 2010, de Guías de la OMS para la calidad del agua potable:
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/guidelines/es/index.html.
- PSA Foro Regional . (2003, Junio Martes). *Foro Regional, 9-12 de Junio Arequipa Peru.* recuperado Noviembre, 2011, de <http://www.fao.org/docrep/006/y5305b00.htm>.
- Paniagua, A. (s.f). *Prácticas productivas y calidad de agua.* Recuperado el 01 de Junio de 2010, de Metodología de evaluación de prácticas productivas:
www.ccad.ws/documentos/els/els_pps_mara.doc.
- Pacheco, V. (s.f.). Operación, mantenimiento y Control de calidad. San José, Costa Rica.
- Payeras, A. (2009). *Parametros de calidad de las agua .*
- PNUD. (13 de Mayo de 2006). *El indice de desarrollo humano (IDH)* Recuperado el 08 de Junio de 2011, de <http://www.portalplanetasedna.com.ar/poblacion11.htm>
- Rocha, L. (17 de Julio de 2010). *Lanacion.com.* Recuperado el 28 de Julio de 2010, de http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=1285463
- UNESCO. (2008). *Capital hídrico y usos del agua Nicaragua.* Recuperado el 22 de 12 de 2009, de www.aguayclima.com/pdf/capitalhidricousosdelagua-nicaragua).
- Vallvé, M. (2000). *Aguas superficiales. Instituto de Investigación Textil - Universidad Politécnica de*

Catalunya. Recuperado el 15 de 03 de 2011, de http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php?numapartat=8&id=18

Wikipedia.org. (31 de Mayo de 2011). *Calidad del agua*.

Recuperado el 23 de febrero de 2011, de La enciclopedia libre:

http://es.wikipedia.org/wiki/calidad_del_agua

9. ANEXOS

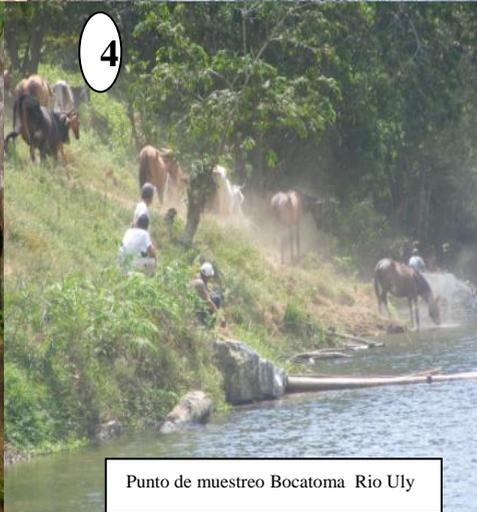
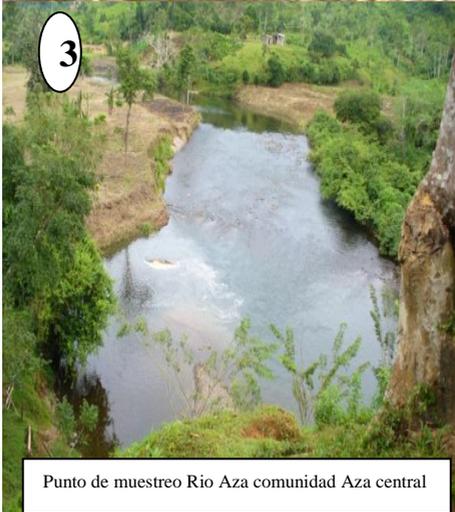
Anexo 1. Índice de NMP y límites de confianza de 95% cuando se usan diversas combinaciones de resultados positivos de series 10ml, 1ml y 0,1ml en series de 5 tubos

Concentraciones			Índice de NMP de 100ml	Intervalo de confianzas 95%	
10 ML	1 ml	0,1 ml		Inferior	Superior
0	0	0	< 2
0	0	1	2	1	10
0	1	0	2	1	10
0	2	0	4	1	13
1	0	0	2	1	11
1	0	1	4	1	15
1	1	0	4	1	15
1	1	1	6	2	18
1	2	0	6	2	18
2	0	0	4	1	17
2	0	1	7	2	20
2	1	0	7	2	21
2	1	1	9	3	24
2	2	0	9	3	25
2	3	0	12	5	29
3	0	0	8	3	24
3	0	1	11	4	29
3	1	0	11	4	25
3	1	1	1	6	35
3	2	0	14	6	35
3	2	1	17	7	40
4	0	0	13	5	38
4	0	1	17	7	45
4	1	0	17	7	46
4	1	1	21	9	55
4	1	2	26	12	63
4	2	0	22	9	56
4	2	1	26	12	65

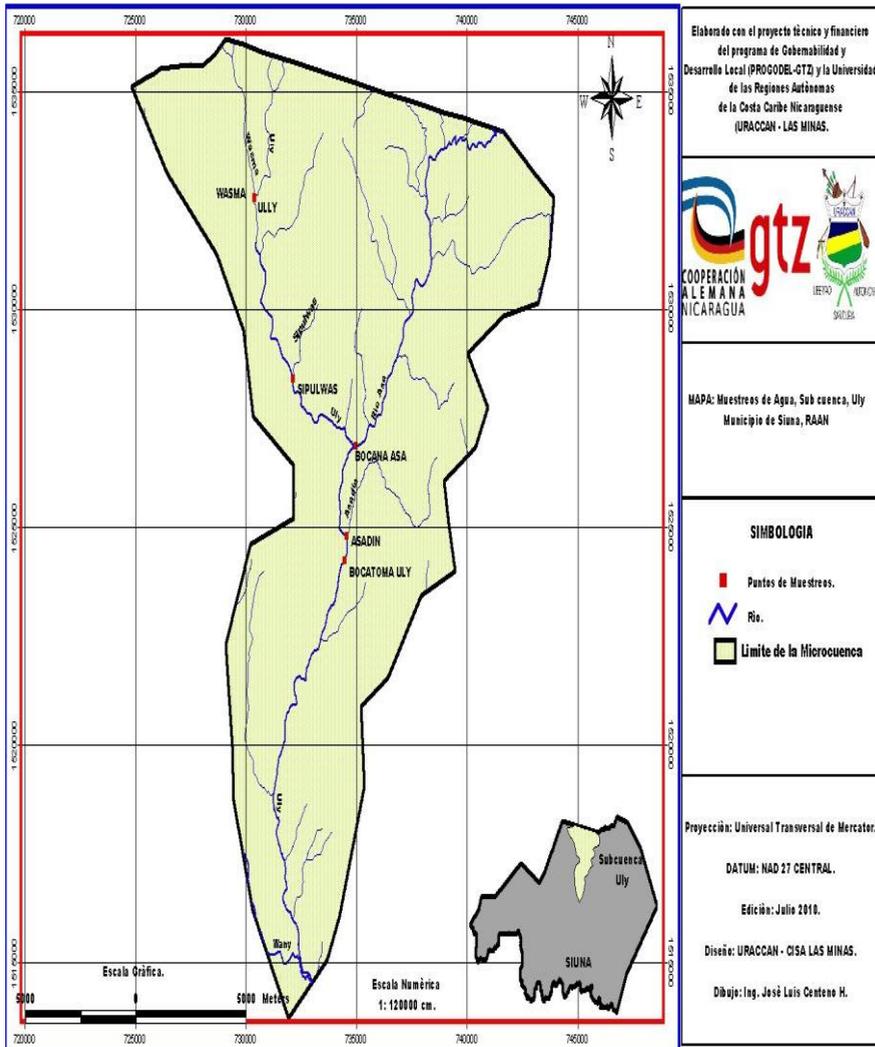
4	3	0	27	12	67
4	3	1	33	15	77
4	4	0	34	16	80
5	0	0	23	9	86
5	0	1	30	10	110
5	0	2	40	20	140
5	1	0	30	10	120

5	1	1	50	20	150
5	1	2	60	30	180
5	2	0	50	20	170
5	2	1	70	30	210
5	2	2	90	40	250
5	3	0	80	30	250
5	3	1	110	40	300
5	3	2	140	60	360
5	3	3	170	80	400
5	4	0	130	50	390
5	4	1	170	70	480
5	4	2	220	100	580
5	4	3	280	120	690
5	4	4	350	160	820
5	5	0	240	100	940
5	5	1	300	100	1300
5	5	2	500	200	3000
5	5	3	900	300	2900
5	5	4	1600	600	5300
5	5	5	>1600

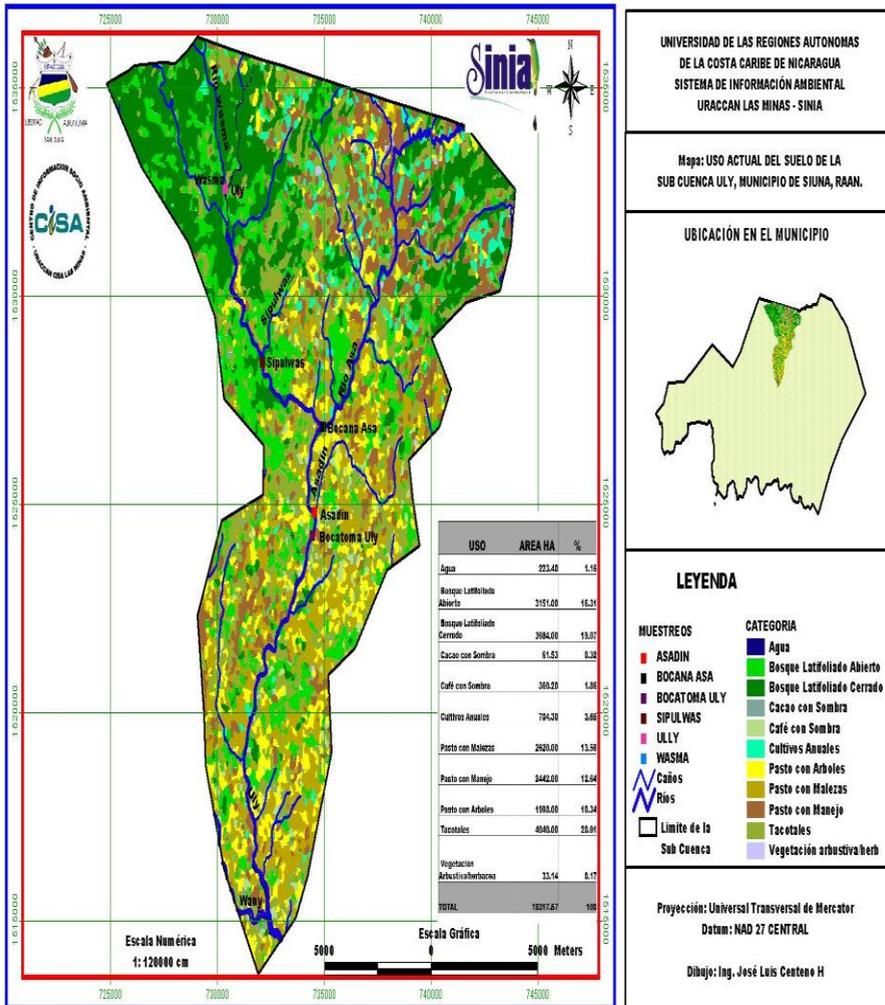
Anexo 2. Fotos de los diferentes puntos de muestreos que se realizaron en la sub cuenca de Uly



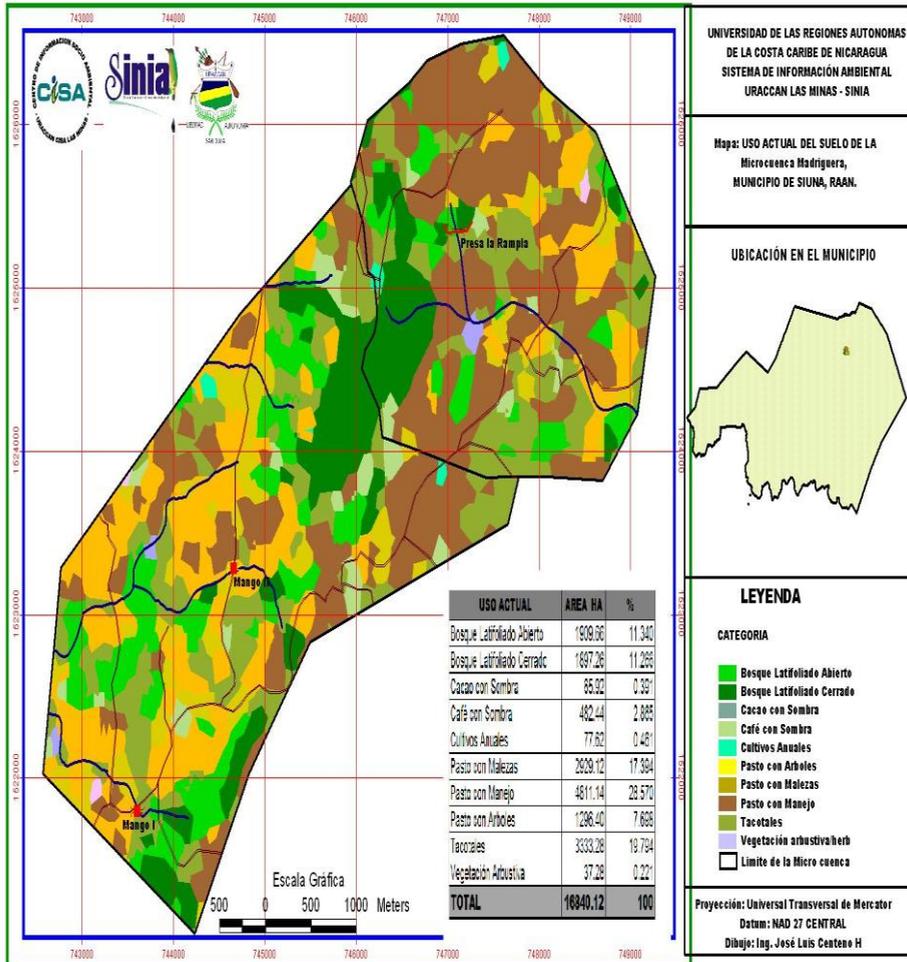
Anexo 3. Puntos de muestreos, sub cuenca Uly, 2010



Anexo 4. Uso actual del suelo, sub cuenca Uly, 2010.



Anexo 5. Uso actual del suelo, y los puntos de muestreos de la Micro cuenca Madriguera, 2010.



**Anexo 6. Cuadros de los usos actuales del suelo en la sub
cuenca de Uly y la micro cuenca de Madriguera en el año
2010.**

Cuadro1. Uso actual del suelo sub cuenca Uly 2010

USO	AREA HA	%
Agua	223,40	1,16
Bosque latifoliado abierto	3151,00	16,31
Bosque latifoliado cerrad	3684,00	19,07
Cacao con sombra	61,53	0,32
Café con sombra	360,20	1,86
Cultivos anuales	704,30	3,65
Pasto con malezas	2620,00	13,56
Pasto con manejo	2442,00	12,64
Pasto con árboles	1998,00	10,34
Tacotales	4040,00	20,91
Vegetación arbustiva/herbácea	33,14	0,17
TOTAL	19317,57	100

**Cuadro 2. Uso actual del suelo micro cuenca Madriguera
2010**

USO ACTUAL	AREA_HA	%
Bosque Latifoliado Abierto	1909,66	11,340
Bosque Latifoliado Cerrado	1897,26	11,266
Cacao con Sombra	65,92	0,391
Café con Sombra	482,44	2,865
Cultivos Anuales	77,62	0,461
Pasto con Malezas	2929,12	17,394
Pasto con Manejo	4811,14	28,570
Pasto con Arboles	1296,40	7,698
Tacotales	3333,28	19,794
Vegetación Arbustiva	37,28	0,221
TOTAL	16840,12	100

