

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION
ESCUELA DE POSTGRADO

IMPACTO DEL USO DE LA TIERRA, EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA
MICROCUENCA RIO SABALOS, CUENCA DEL RIO SAN JUAN,
NICARAGUA

POR

MARIA EUGENIA MENDOZA ALVAREZ

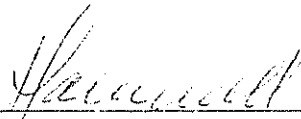


Turrialba, Costa Rica
1996

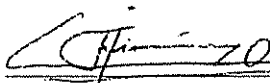
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

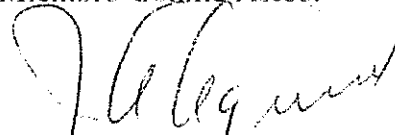
FIRMANTES:



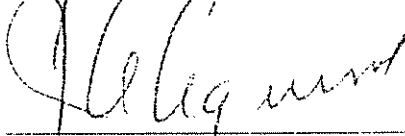
Jorge Faustino
Profesor Consejero



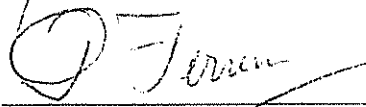
Francisco Jiménez
Miembro Comité Asesor



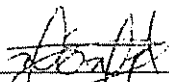
Juan A. Aguirre
Miembro Comité Asesor



Juan A. Aguirre
Jefe, Area de Postgrado



Pedro Ferreira
Director, Programa de Enseñanza



María Eugenia Mendoza Alvarez
Candidato

DEDICATORIA

Al Divino Niño Jesús

A mis padres: José Domingo y María Teresa, por todo el amor que me han dado a lo largo de mi existencia, y por esperarme las veces que me he ausentado en el cumplimiento de mis metas

A mis sobrinos, parte de la futura generación

A Nicaragua, mi patria.

AGRADECIMIENTO

El autor desea brindar los más sinceros agradecimientos a las siguientes personas:

- Al Comité Asesor: Jorge Faustino, Ph D , Francisco Jiménez, Ph D.
Nathalie Beaulieu, M sc., Juan Antonio Aguirre, Ph D
- Al DAAD quien a través de sus fondos hizo posible la culminación de este trabajo
- Al estudiante Oscar Vallejos, por su amistad incondicional y por el apoyo brindado en el desarrollo de la presente tesis.
- Al personal del proyecto Manejo Ambiental y Desarrollo Sostenible de la cuenca del río San Juan, Nicaragua.
- Al personal del Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia del Ministerio de Salud, Nicaragua en especial al Dr. Alcides González, Lic. Amparito Peñalba S , Lic. Carmen Lanuza J y Lic. Esperanza Arana
- Al personal del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales de Nicaragua, en la microcuenca río Sábalos. Especialmente a Gustavo Gross, Byron Arana, Mariano Rios, Nidia Poveda y Ma. Lidia Pérez.
- A las Ingenieras Rosa y Ena Palacios Juárez, por su valiosa cooperación en la etapa de campo
- A mis amigos de la promoción 1995-1996, en especial al Che, Neto, Blanca, René y Magdalena
- Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, por permitirme realizar mis estudios
- Al personal de la Biblioteca ORTON, Manejo de Cuencas, Posgrado y Centro de Computo.
- A los habitantes de la Microcuenca río Sábalos, que Dios les depare un futuro mejor

TABLA DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	ix
SUMMARY	x.
1. INTRODUCCION:	1
1.1 Objetivos:	3
1.2 Hipótesis:	3
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Cuenca Hidrográfica:	4
2.2 Calidad del agua:	5
2.3 Contaminación del agua:	7
2.4 Control de la calidad del agua:	9
2.5 Beneficio del control de la contaminación del agua:	10
2.6 Erosión y uso de la tierra:	11
2.7 Erosión y transporte de sedimentos:	15
3. MATERIALES Y METODOS:	16
3.1 DESCRIPCION DEL AREA	16
3 1 1 Características generales de la cuenca del Río San Juan	16
3 1 2 Características biofísicas del área de estudio	18
3.2 Materiales:	23
3.3 Metodología	24
3 3 1 Etapas:	24
3 3 2 Actividades	25
3 3 2 1 Selección de las variables:	25
3.3.2.2 Frecuencia, toma y conservación de muestras:	27
3.3.2.3 Puntos de muestreos:	28
3.3.2.4 Análisis de la información:	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	32
4.1 Zonificación de la microcuenca río Sábalos:	32
4 1 1 Uso potencial de la tierra según zona de vida	32
4 1 2 Uso actual de la tierra:	34
4 1 2 1 Intervenciones en el Bosque Húmedo Tropical:	35
4.2 Análisis de la información:	38
4.2.1 Resultados de las pruebas no paramétricas	38
4.2.2 Análisis de conglomerados (Cluster)	57
4.2.3 Estimación de la erosión potencial	60
4.2.4 Impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua . microcuenca río Sábalos, cuenca del Río San Juan.	64
4 2 4 1 Identificación del problema:	64
4.2.4.2 Causas del impacto:	66

4.2.4.3 Naturaleza y atributos del impacto:	66
4.2.4.4 Impacto del uso de la tierra:	68
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1 Conclusiones:	70
5.2 Recomendaciones	71
6. BIBLIOGRAFIA	72
7. ANEXO	73

LISTA DE CUADROS

	Página
1 Grupos de Cuencas	13
2 Clasificación taxonómica de los suelos microcuenca río Sábalos	19
3 Calidad de las fuentes de agua cruda	25
4 Importancia de las variables medidas (Estrada, 1986)	26
5 Variables y métodos de análisis utilizados en la microcuenca río Sábalos, para evaluar la calidad del agua	27
6 Aptitud de la tierra en la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	34
7 Distribución del uso actual del suelo microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	36
8 Valor medio de sodio, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	38
9 Valor medio de amonio, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	39
10 Valor medio de DBO, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	40
11 Valor medio de fosfato, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	41
12 Valor medio de cloruro, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	42
13 Valor medio de nitratos, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	43
14 Valor medio de nitritos, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	44
15 Valor medio de conductividad, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	46
16 Valor medio de pH, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	47
17 Valor medio de temperatura, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	48
18 Valor medio de turbidez, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	49
19 Valor medio de sólidos totales, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	50
20 Valor medio de coliformes. Fecales, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	51
21 Valor medio de coliformes totales, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	52
22 Resumen de los resultados de las variables estudiadas	55
23 Resumen estadístico de las variables evaluadas para determinar la calidad del agua en la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	56
24 Matriz de correlación de las variables estudiadas para evaluar la calidad del agua del río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	58
25 Registros pluviométricos de la estación El Castillo Río San Juan, Nicaragua	60
26 Distintos valores medios de degradación asignados por Fournier	62

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Ubicación de la cuenca Río San Juan, Nicaragua	18
2 Red hidrográfica río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	21
3 Zonas de vida microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	23
4 Puntos de muestreos microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	30
5 Partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	32
6 Uso potencial de la tierra microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	33
7 Uso actual de la tierra microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.	37
8 Valor medio de sodio, según partes de la microcuenca río Sábalos cuenca Río San Juan, Nicaragua	38
9 Valor medio de amonio, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	39
10 Valor medio de DBO, según parte de la microcuenca río Sábalos cuenca Río San Juan, Nicaragua	40
11 Valor medio de fosfato, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.	41
12 Valor medio de cloruro, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.	42
13 Valor medio de nitratos, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	43
14 Valor medio de nitritos, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.	44
15 Valor medio de conductividad, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.	46
16 Valor medio de pH, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	47
17 Valor medio de temperatura, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.	48
18 Valor medio de turbidez, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.	49
19 Valor medio de sólidos totales, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.	50
20 Valor medio de coliformes fecales, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	51
21 Valor medio de coliformes totales, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.	52
22 Dendrograma de similaridad de las variables de calidad del agua, para la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua	57
23 Nonograma para determinar la degradación específica (ton/km ² /año).	61
24 Impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua, microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.	69

INDICE DE ANEXOS

	Página
Cuadro 1A	Resultado $(1 - \text{correlación de variables}^2) * 100$ 74
Anexo 1A	Análisis no paramétricos según variables en estudios 75
Anexo 2A	Grupos de cluster encontrados 77
Cuadro 2A	Clasificación del agua cruda con respecto al proceso de tratamiento 78
Cuadro 3A	Tratamiento de agua según clase de contaminación 78
Cuadro 4A	Normas de OMS (Organización Mundial de la Salud), para calidad de agua potable 79
Cuadro 5A	Estandar de calidad de agua, para consumo humano 80
Cuadro 6A	Precipitación microcuenca río Sábalos, cuenca del Río San Juan Nicaragua 81

MENDOZA A., M.E 1996. Impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la microcuenca del Río Sábalos, cuenca del río San Juan, Nicaragua. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 81 p.

Palabras claves: Calidad del agua, contaminación, variables de calidad, cuenca hidrográfica, impacto del uso de la tierra.

RESUMEN

Se estudió la calidad del agua en el río Sábalos, con el objetivo de analizar la relación del uso de la tierra con la variabilidad espacial de la calidad del agua, en su trayectoria por la parte alta, media y baja de la microcuenca del mismo nombre. La microcuenca está situada en una de las zonas más aislada del país dentro del bosque húmedo tropical y pertenece al municipio de San Carlos, departamento de río San Juan. En las últimas décadas se ha caracterizado por una rápida colonización campesina, cuya principal actividad es el cultivo tradicional después de rozar y quemar el bosque. Esta actividad ocasiona altas tasas de deforestación, degradación de la fertilidad del suelo y expansión inadecuada de la frontera agrícola.

En las aguas del río Sábalos se llevan a cabo diferentes actividades como recreación, navegación, pesca, baño, lavados y descargas de residuos, las que provocan alteración en la calidad del agua, para detectar esta alteración se establecieron nueve puntos de control, correspondiendo tres en cada parte de la microcuenca y que tuvieran diferentes influencias con el tipo de uso ya sea forestal en la parte alta, agrícola o ganadera en la parte media y población en la parte baja. Los muestreos se realizaron una vez al mes durante cuatro meses (abril a julio 1996), en cada muestra se seleccionaron las variables: Sólidos totales, turbidez, pH, temperatura, conductividad, DBO, fósforo, cloruros, sodio, nitratos, nitritos, amonio, coliformes fecales y coliformes totales.

Se les aplicó a las variables medidas la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas al nivel del 5%, resultando más contaminada la parte baja a diferencia de la parte media y alta. Con el análisis de conglomerados (Cluster) se determinaron seis grupos, siendo las correlaciones más fuertes entre DBO y Cloruro con 0,80 esto se debe a que el cloruro es un indicador de la existencia de residuos y desperdicios animales, lo cual aumenta la

demanda bioquímica de oxígeno en el río Conductividad y Sólidos totales con 0,61 la estrecha relación se debe a que conductividad es un estimador simple de la presencia de sólidos disueltos y un índice de contaminantes inorgánicos. También se estimó la erosión potencial de la microcuenca 3 107,55 ton/Km²/año. a través del índice de Degradación Específica de Fournier, clasificándola como erosión excesiva. Se determinó que el uso de la tierra en la parte alta, media y baja de la microcuenca tienen mucho que ver con la calidad del agua. Principalmente la parte baja donde la mayoría de las variables que identifican la calidad del agua superan el límite máximo tolerable, debido a los diferentes usos que se le da a esta parte de la microcuenca principalmente las actividades humanas como: contaminación por desechos domésticos, actividades agrícolas, deforestación, aumentado un poco más por la contaminación natural.

La falta de un plan de reasentamiento adecuado, junto con las limitaciones sociales y económicas en que viven los habitantes de estas zonas aceleran la contaminación de las aguas del río Sábalo, principalmente contaminadas por coliformes fecales y coliformes totales, debido a que la mayoría de los poblados carecen de letrinas en sus casas, no existe un servicio público para la recolección de basura, las actividades de lavado, baño, recreación, pesca, agricultura, ganadería, etc se encuentran mal distribuidas en toda la microcuenca, ocasionando grandes problemas en el agua, tanto de estética como de insalubridad. Lo que conlleva a efectos negativos que repercuten en la población como es la proliferación de enfermedades, ya sea por contacto directo o por ingestión del agua contaminada. Por lo tanto podemos concluir que existen diferencias en la calidad del agua con respecto al uso de la tierra y estas diferencias se dan por los problemas antes mencionados, aunado a la pobreza rural, analfabetismo, falta de conocimiento ecológico-ambiental de la mayoría de los habitantes de la zona, que apresuran cada día más el proceso contaminante.

La planificación tanto del uso de la tierra como socioeconómica debe ser parte del esfuerzo por elevar el nivel de vida de la población y mejorar la calidad del agua en esta región. Esto puede lograrse creando conciencia en las autoridades y población en

general del problema de contaminación del agua y de los perjuicio que representan para el buen desarrollo de la región

MENDOZA A., M.E 1996. The Impact of land use on the water quality in the watershed of the Sabalos River, basin of the River San Juan, Nicaragua. Mag thesis. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 81 p.

Key words : quality of the water, contamination, variables of quality, - impact of land use.

SUMMARY

The quality of the water in the Sabalos River was studied, with the objective of analyzing the relationship of land use with the space variability of the quality of the water, in the trajectory for the high middle and low parts, of the watershed by the same name. The watershed is located in one of the most isolated zones of the country, within the humid tropical forest and belongs to the municipality of San Carlos, department of the San Juan River. In the last decades, this region has been characterized by rapid rural growth, whose principal activity is traditional cultivation after slashing and burning the forest. This activity creates degradation of the fertility of the soil and poorly managed expansion of the agricultural border.

In the waters of the Sabalos River several activities are carried out, suchas recreation, sailing, fishing, bathing, laundry and the discharge of residuals, which create a change in the quality of the water. In order to detect this change, nine points of control were established, with three points in each part (high, middle, and low) of the watershed which were influenced by the type of land use, in each part: forest in the high part, agricultural or cattleraising in the middle part and communities in the low part. The test were carried out once a month for four months (April to July 1996). In each pattern the variables selected were: total Solids, turbidity, pH, temperature, conductivity, DBO, phosphate, chlorires, sodium, nitrates, nitrite, ammonio, fecal bacterias and total bacterias

The measured variables were applied to the non parametrical test in order to determine if differences exist significantly stadistical to the level of 5%, resulting in more pollution in the lower part with respect to the middle and high parts. With Cluster

analysis, six groups were determined, with the strongest correlations between DBO and Chloride with 0.80. This is due to fact that chloride is an indicator of the existence of residuals and animal wastes, which increases the biochemical demand of oxygen in the river. Conductivity and total Solids have a relationship of 0.61, given the fact that conductivity is a simple evaluation of the presence of solids dissolve and an index of inorganic pollutants. The implicit erosion of the watershed was found to be 3,107.55 ton/Km²/ year, through the index of Specific Degradation of Fournier, classifying it as excessive erosion. It was determined that the use of land in the high, middle and low parts of the watershed has much to do with the quality of the water. Mainly the low part was where the majority of the variables which identify the quality of the water surpassed the maximal tolerable limit, due to the uses of the watershed in this part: mainly contamination by humans through domestic refuses, agricultural activities, deforestation, and augmented in addition by natural contamination.

The lack of adequate rural planning combined with the limited social and economical conditions in which the inhabitants of these zones live accelerate the contamination of the waters of the Sabalos River, which is mainly polluted by fecal [bacterias] and total [bacterias]. This is caused by the fact that the majority of the inhabitants lack latrines in their homes and public services for the collection of garbage. In addition, the activities of washing, bathing, recreation, fishing, agriculture, cattle raising, etc. are found poorly distributed throughout the watershed, causing pollution in the water with respect to both aesthetics and health. The latter problem leads to negative effects among the population such as the proliferation of illness, caused by either direct contact or ingestion of the polluted water. Therefore, we can conclude that differences in the quality of the water exist, with respect to the use of the land. The use of the land, in addition to rural poverty, illiteracy and lack of ecological-environmental knowledge of the majority of the inhabitants of the zone accelerate the polluting process.

The planning of land use as well as socioeconomic factors should be part of the effort to elevate the quality of life of the population and improve the quality of water in this region. This could be achieved by creating an awareness in the authorities and

general population of the problem of contamination of water and of the damage that it causes in the development of the region

1. INTRODUCCION:

La microcuenca río Sábalo se ubica en una de las zonas más aisladas de Nicaragua. La población se comunica con el Departamento de San Carlos (poblado principal y cabecera del Dpto. Río San Juan) en lanchas (planas) por el Río San Juan, debido a que no existe comunicación terrestre, salvo una trocha que está abierta unos tres meses al año, durante la época seca y es inoperable el resto del año (Castiglione, 1991)

Pertenece a la zona de Amortiguamiento - Gran reserva biológica de Nicaragua, la cual se define según el sistema de Áreas Protegidas para la Paz (SI-A-PAZ) como : "Una zona periférica de las áreas de conservación absoluta", cuya función es "estabilizar y hacer sustentable las actividades humanas en terrenos de alta fragilidad ecológica, que ofrezcan mejores opciones de uso de la tierra, que posibiliten una planificación del uso del territorio y del desarrollo productivo, compatible con las potencialidades y restricciones de los recursos naturales y con los intereses ecológicos de la zona" (Cipres, 1992)

En las últimas décadas, la microcuenca se ha visto invadida por grupos de personas que en los años 80 abandonaron la zona por problemas políticos y que ahora regresaron a sus propiedades, seguidas por otro gran número de campesinos sin tierras y excombatientes provenientes de otras partes del país, a un ritmo del orden de 700 a 1000 personas mensuales (Castiglione, 1991).

Como resultado de todo esto, la microcuenca y su bosque húmedo tropical, ha sufrido una rápida colonización campesina, cuya principal actividad es la agricultura de granos básicos (maíz, frijol y arroz) mediante el sistema de roza y quema del bosque. Esta práctica ocasiona altas tasas de deforestación, degradación de la fertilidad del suelo y expansión de la frontera agrícola (SI-A-PAZ, 1994)

A la vez contribuyen a una rápida y creciente contaminación en las aguas del río Sábalo, la cual fue detectada por medio de una campaña de reconocimiento y

muestreo, efectuado por el Centro de Investigaciones y Recursos Acuáticos y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (CIRA/UNAN *et al*, 1995)

La campaña, no permitió conocer las causas principales de contaminación y sus contaminantes y la relación que existe con el uso de la tierra.

Se escogió la microcuenca río Sábalos, debido a que representa las condiciones generales del área de amortiguamiento y esta conformada mayormente de bosque en la parte alta, agricultura y ganadería intensiva en la parte media y población en la parte baja. Contribuyendo a conocer los aspectos críticos de su manejo, fundamentalmente aquellos que dependían de la intensidad de la intervención humana

En la microcuenca río Sábalos, no hay estudios de las causas principales de contaminación y sus contaminantes, y la relación que existe con el uso de la tierra. Es por eso que en este trabajo por medio de análisis de la calidad del agua y la estimación de la erosión potencial, se pretende demostrar la relación que existe en el uso de la tierra sobre la calidad del agua en la microcuenca río Sábalos y con los resultados aportar al desarrollo de políticas gubernamentales que brinden acciones de planificación ya sean preventivas o correctivas en beneficio de la población y conservación de los recursos naturales de esta región

1.1 Objetivos:

Objetivo general

- Analizar la variabilidad espacial de la calidad del agua en relación al uso de la tierra en la microcuenca río Sábalos, cuenca del río San Juan, Nicaragua

Objetivos específicos:

- Analizar el uso de la tierra en la microcuenca río Sábalos, tomando en cuenta el uso actual y la capacidad de uso en la parte alta, media y baja de la microcuenca
- Evaluar los efectos de los tipos de utilización de la tierra, sobre la calidad del agua
- Estimar la erosión potencial del suelo en la microcuenca río Sábalos, por medio del método de degradación específica de Fournier

1.2 Hipótesis:

Según el uso de la tierra (bosque, agricultura, población) y las actividades humanas que se desarrollen en la microcuenca río Sábalos, no afectan las características físicas, químicas y biológicas del agua

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Cuenca Hidrográfica:

El término Cuenca hidrográfica, presenta múltiples definiciones según los fines que persigan los estudios; sin embargo, en este caso se señala la presentada por Faustino (1995), por considerarse la más representativa para el estudio a realizarse. De este modo, se define cuenca hidrográfica como el "espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en él se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal el cual se integra al mar, lago u otro río más grande" En ella se ubica los recursos naturales suelo, agua, vegetación y otros, allí habita el hombre y en ella realiza todas sus actividades.

En una cuenca hidrográfica, se desencadenan una serie de procesos de degradación de la misma, cuando en ella se ponen en prácticas proyectos mal planificados, sin formulación, trazado y ejecución de un plan, sobre todo sin tomar en cuenta la fragilidad del medio ambiente. Por ejemplo los proyectos de reasentamientos en los trópicos húmedos, (FAO, 1990) que fracasan entre otros factores, por no tomar en cuenta la posibilidad del daño ecológico, la capacidad de carga animal y personal de la cuenca, falta de actividades económicas, lo que provoca una explotación irracional de los recursos naturales, el uso inadecuado de la tierra, la ausencia de prácticas de conservación de suelos y aguas, erosión y sedimentación, la deforestación, deficiencia o exceso de agua, toxicidad, plagas y/o enfermedades, baja productividad de los ecosistemas, falta de desarrollo tecnológico y el diseño e implantación inadecuada de diversas estructuras,

El impacto final de estos procesos dejan una serie de efectos: pérdida física o de fertilidad de los suelos, desmonte de la vegetación natural, enfermedades, hambre, disminución de animales y plantas, inundaciones, abundancia de caudales, mayor sedimentación de los cursos de agua, colmatación de embalses, pérdida de navegabilidad de los ríos, deterioro de lagos, bahías costeras y estuarios y contaminación de las aguas (Leonard,1986).

Por lo tanto, el manejo integral de cuencas hidrográficas es la optimización del uso de los recursos naturales, humanos y financieros, a través de la coordinación de diferentes sectores o usuarios de estos recursos para la explotación de los recursos en forma sostenida (Arias, 1990).

2.2 Calidad del agua:

FAO (1987) definen la calidad del agua como "las características de las aguas que puedan afectar su adaptabilidad a un uso específico, en otras palabras, la relación entre la calidad del agua y las necesidades del usuario"

También la calidad del agua se puede definir por su contenido de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución. Sobre el particular es conveniente recordar que el agua es por naturaleza, "el solvente universal" y que durante su travesía por la atmósfera y su recorrido por la cuenca recoge entre otros, trazas de gases, contaminantes atmosféricos porciones de árboles y de otros tipos de vegetación, así como sedimentos y solutos del suelo (Caballero, 1990)

Seminario (1987) señala que de la forma como se maneje la cuenca dependerá el óptimo aprovechamiento de los recursos que esta ofrece al hombre

Varios autores (Fair, *et al* 1979 FAO 1987) coinciden en que la calidad del agua se define por una o más características físicas, químicas o biológicas. Asimismo Fair, *et al* (1979) indican que en la escala de calidad de aguas se encuentran la aptitud, los objetivos y normas para el logro de agua potable y de buen sabor, aguas de balnearios, pesca, navegación, irrigación, etc, que también son importantes, en el servicio de las comunidades y las industrias

Villegas (1995) considera como parámetros de calidad de agua valores que miden la salud del ecosistema y los ha denominado indicadores de sostenibilidad entre otros: pH, conductividad, turbidez, DBO, DQO, sólidos totales, coliformes. Algunos indicadores son de gran valor descriptivos como los residuos de plaguicidas y los

conteos de bacterias coliformes, pero su medición es muy difícil y los costos de análisis muy elevados

Aunado al control de la calidad y a las características geoquímicas del terreno se debe tomar en cuenta el uso que se hace del suelo en la cuenca y las actividades del hombre (Braco, 1984; citado por Vásquez 1990). De Zuane (1990) toma en cuenta también la influencia de varios factores entre los que están: el clima, precipitación, número de personas por unidad de área, condición económica de los consumidores, mes del año, hora del día, etc.

Otros factores que afectan la cantidad y la calidad del agua son las prácticas de manejo forestal que se realicen en terrenos arbolados de las cuencas forestales, por ejemplo el manejo forestal cambia la producción del área; afecta los niveles de contaminación de las corrientes externas e internas; conduce a la sedimentación de los canales de riego; incrementa la frecuencia de avenidas; y por consiguiente aumenta el riesgo de daños por inundaciones. Estos efectos no solo afectan la calidad y cantidad del agua, a su vez tienen numerosos efectos sobre las actividades económicas, la agricultura, consumo humano, el uso industrial, el uso recreativo, el hábitat de fauna y flora silvestre y acuático, la generación de energía y la dispersión de desechos (Serrano, 1990).

Algo muy importante en lo relacionado a calidad del agua, principalmente agua potable es la función de las autoridades de salud, las que deben garantizar un suministro dentro de los límites seguros. Esto se puede llevar a cabo por medio de inspecciones y muestreos continuos de las fuentes de agua

De Zuane (1990) determina la calidad del agua para cualquier uso (potable, riego, recreación, etc.), por medio de análisis físicos y químicos (Cuadro 2 y Cuadro 4A) Las características físicas describen contaminación del agua potable y resto de aguas a través de los parámetros tradicionales como son: olor, color, sabor, temperatura, pH, alcalinidad, dureza, sólidos, turbidez, solubilidad. Mientras que las características químicas se utilizan para identificar la presencia de elementos químicos contaminantes en el agua y que puedan disminuir su calidad, entre los parámetros

químicos más usados están: Nitratos y amonios, cloro, aluminio, demanda bioquímica de oxígeno, oxígenos disolventes, potasio, bromo, fosfatos, cloruros, sodio, detergentes, fenoles pesticidas, etc.

Existen muchas metodologías para el análisis de cada uno de los parámetros físicos y químicos de calidad de agua, y están en dependencia del laboratorio y del país que los ejecute; Sin embargo, sería recomendable la uniformidad en los análisis desarrollados y de esta forma lograr que los resultados sean compatibles en cualquier lugar

2.3 Contaminación del agua:-

La contaminación es un problema grave de nuestro tiempo y en esa contaminación se encuentra el agua que posteriormente será destinada al consumo humano. La necesidades de agua van siendo más difíciles de satisfacer a medida que la contaminación reduce la calidad de numerosas fuentes de agua. (Estrada, 1986).

Las actividades agrícolas y forestales intensivas, son actualmente reconocidas como fuente importante de la degradación de la calidad de las aguas. Los principales contaminantes provenientes de las regiones agrícolas, son los materiales que viajan en suspensión a consecuencia de la erosión hídrica, sustancias trimentales (nitrógeno y fósforo) producto de las fertilizaciones agrícolas y los residuos fitosanitarios provenientes de los plagicidas y herbicidas (Oropeza, 1990).

La misma carencia de agua provoca la utilización de fuentes no potables y contaminadas las que pueden hacer del agua un peligro para la salud pública. La contaminación se presenta en varios tipos puede ser: de origen humano directo (contaminación fecal), de origen humano indirecto (fumigaciones con pesticidas en agricultura, aguas de desecho de establecimientos ganaderos o industriales, etc.) o de origen natural (derrumbes, percolación por capas permeables con sustancias tóxicas, etc.).

La clasificación de las contaminaciones por tipo nos ayuda a detectarlas, mientras que la clasificación de los contaminantes por su origen nos permite entender sus efectos.

Las aguas de desechos de origen doméstico son una mezcla de sustancias orgánicas y minerales en solución acuosa. Los compuestos orgánicos más comunes son: grasas, proteínas, glúcidos, jabones y los productos provenientes de su descomposición, aceites minerales, detergentes; estos últimos son tensioactivos, favoreciendo la formación de espumas que obstaculizan los procesos naturales de autodepuración.

La contaminación de origen humano indirecto, conlleva dos tipos de problemas distintos:

- Contaminación por fertilizantes químicos, sobre todo compuestos de fósforo y del nitrógeno. Estos elementos pueden estar presentes en las aguas bajo distintas formas y pueden crear problemas graves para la salud de los consumidores
- Contaminación por pesticidas, principalmente los organoclorados, organofosfatos y carbonatos, estos causan graves problemas en el consumidor de agua, sobre todo si es un consumidor habitual de agua así contaminada, ya que los efectos de los pesticidas son generalmente crónicos (Feliciani, 1987)

También el análisis de los sedimentos de los ríos puede servir de complemento a la información que se obtiene con el análisis de las aguas, para fijar con más exactitud las zonas de los ríos receptores de vertidos contaminantes esporádicos, actuales o pasados donde se producen los fenómenos de contaminación más intensos (Bustos *et al*, 1992).

Como función principal de las autoridades de salud es crear normativas ambientales sobre la contaminación de las aguas, en la que estén involucrados otros organismos relacionados con el uso de la misma. Ellos están en pleno derecho de crear leyes y normas, para el control de la contaminación, así mismo deben periódicamente

inspeccionar e incluso multar o castigar a los civiles que incumplan las leyes (Salazar, 1993).

Ulloa, (1993) menciona algunos efectos de la contaminación de los cursos de agua:

- Destrucción de los limitados recursos hidráulicos
- Disminución de la calidad de agua para abastecimiento de población, riego o industria.
- Supresión del poder autodepurador de los cauces receptores con destrucción de su fauna y flora, imposibilitando o dificultando su utilización.
- Afección a los asentamientos urbanos e industriales, actividades de pesca, deportes, esparcimiento.
- Peligro potencial para la salud pública con influencia directa en la economía.
- Exige un control riguroso y un tratamiento adecuado, la utilización de agua contaminada.

2.4 Control de la calidad del agua:

La reglamentación Técnico - Sanitaria Española y la Organización Mundial de la Salud, para abastecimiento y control de la calidad de las aguas potables de consumo público clasifican las aguas en :

- 1). Agua potable: aquella cuyos caracteres están por debajo de los valores límite máximos tolerables (Cuadro 2 y Cuadro 4A).
- 2). Agua sanitariamente permisible: aquella en la que algunos caracteres fisico-químicos sobrepasen los límites máximos tolerables, salvo a lo referente a productos tóxicos y contaminación fecal. Estas aguas se utilizan solamente por falta de un abastecimiento en la región o por daños en la planta abastecedora y no podrán sobrepasar los límites microbiológicos siguientes:
 - a) Coliformes totales y estreptococos fecales máximos de 10 de cada uno de ellos en 100 ml (Estrada, 1986).

3) Agua no potable: aquella cuyas condiciones físico-químicas y/o caracteres microbiológicos impiden su inclusión en alguna de las dos anteriores

Se debe realizar un control de calidad del agua para consumo humano periódicamente, para averiguar si sus características cumplen con los requisitos previstos para el agua potable. (Estrada, 1986)

Un agua potable e inocua debe ajustarse a las siguientes características de calidad de agua. Debe ser o estar libre de organismos patógenos, baja en concentraciones de compuestos muy tóxicos o que tengan efectos serios a largo plazo (ej: plomo), clara y cristalina, no salina, libre de olor o sabor desagradable, no corrosiva. (Shulz *et al*, 1990)

2.5 Beneficio del control de la contaminación del agua:

Es necesario entender la importancia de la periodicidad de los análisis de calidad del agua, ya que el comportamiento de las aguas de un acueducto o una fuente no son fijas, estas dependen de muchos factores los que varían en el tiempo y el espacio. Por lo tanto, el monitoreo, prevención y corrección de las fuentes contaminantes benefician a la población. Freeman III (1987) lista algunos de estos beneficios:

1. **Recreación**. Estos son beneficios para las personas que realmente hacen uso de las vías de agua en actividades de recreo, tales como pesca, natación, paseos en bote y caza de aves acuáticas.

2. **Beneficios a los no usuarios**. Esta categoría incluye beneficios por amenidad, estética y ecología que no están asociados forzosamente con actividades realizadas cerca de superficies de agua o con usos diversos del agua.

3. **Usos diversos**.

a) **Agua potable y salud**. El control de la contaminación puede reducir los riesgos para la salud humana.

b) Costos del tratamiento de los abastecimientos municipales de agua. Los contaminantes presentes en las tomas de agua pueden obligar a los proveedores a tener que realizar gastos más elevados para tratamientos, por razones que sean para aumentar la protección de la salud o por otros motivos

c) Beneficios a las familias. La corrosión de las tuberías y accesorios, los gastos que originen en las familias podrían reducirse mediante el control de las sustancias contaminantes.

d) Costos del tratamiento industrial. El control de la contaminación puede reducir los costos del proceso de tratamiento y enfriamiento del agua para uso industriales

4 Pesquerías comerciales. La disminución de la contaminación puede dar como resultado un aumento en los rendimientos de los productores y precios de los productos de la pesca más bajos para los consumidores

Los beneficios del control de la contaminación se puede lograr estimulando la participación popular, creando conciencia de la importancia de la calidad del agua, la higiene y la práctica de saneamiento. En especial se hace necesario la participación de la mujer, ya que ella hace uso directo del recurso agua, y son agentes potenciales de cambio para mejorar la situación sanitaria y el suministro de agua (Martins, 1986)

2.6 Erosión y uso de la tierra:

A nivel de cuenca hidrográfica, los procesos de erosión y sedimentación se interrelacionan dependiendo del material de arrastre, de tal forma que el aumento o distribución de la escorrentía superficial en las zonas altas, aumentará o disminuirá en correspondencia con la capacidad de desprendimiento del suelo y el transporte de sedimento en canales (Kirby y Morgan, 1984). fenómeno que está estrechamente ligado al uso de la tierra. Por ejemplo en 1929 Bates y Henry iniciaron estudios en la cuenca Wagon Wheel Gap, EE.UU. en la que Salymaker y Mc Pherson, (1973) compararon una cuenca forestada con otra desprotegida totalmente de vegetación notándose un espectacular aumento de la escorrentía en la segunda cuenca.

También se ha observado que las tierras de pasto convertidas en tierras de cultivo, aumentan su erosión aproximadamente en 5 veces; los bosques convertidos en tierras de cultivos, aumentan su erosión entre 100 y 1000 veces (Aguirre, 1977)

También Villa (1989) en su estudio, concluye que los procesos erosivos de la parte media y superior de la cuenca del río Barranca, CR están asociados a la erosión hídrica y al mal uso de la tierra, lo que ha dado lugar a los procesos erosivos como Sustitución del bosque por pastizales intensivos, cultivos en limpio, cambios de uso de la tierra, combinadas con la fragilidad del suelo en pendientes del 30-50%

Para disminuir los problemas de erosión, debería tomarse en cuenta el uso actual de la tierra, junto con su capacidad y niveles tecnológicos, como también el nivel de vida y educación ambiental de la población

Existen otros factores que no están al alcance de la clasificación de capacidad de uso de la tierra, las cuales provocan erosión en masa, por causas naturales debido a la inestabilidad geológica del área

Es por eso que en los países tropicales, la capacidad de uso de la tierra se ve limitada principalmente por la susceptibilidad del suelo a la erosión del terreno, por la cobertura vegetal, por la profundidad del suelo y sus características fisicoquímicas. Cabrera (1987). Por lo tanto la función de disponibilidad de material sólido no depende de las características hidráulicas del río y de sus cauce, sino de las funciones geológicas del suelo, relieve, vegetación de la cuenca, precipitación y otros fenómenos que la afectan (Villegas, 1982. citado por Vásquez, 1990).

Partiendo de estos principios y contando con datos de Degradación Específica (D.E.), Fournier (s.f., citado por López y Blanco, 1968) hizo una serie de estudios estadísticos buscando una correlación entre diferentes parámetros característicos de la precipitación y la cantidad de tierra que se pierde en una cuenca.

Encontrando que los mejores resultados se obtienen utilizando el coeficiente p^2/P , (p^2 = es la precipitación del mes de máxima pluviosidad en mm, P = Pluviosidad

media anual en mm) donde intervienen el modo de repartición de las lluvias y su abundancia.

Heno (1988) menciona que Fournier escogió el Coeficiente Orográfico (Co), para caracterizar el relieve de las cuencas y ayudar a la estimación cuantitativa de la degradación del suelo bajo los efectos de la acción del clima. En el que Co es la combinación de la altura media de la cuenca, por la tangente de la altura media, entre el área de la cuenca: $Co = H \cdot tg/A$.

En cuanto al factor vegetación, aunque aparentemente no aparece en las correlaciones, se encuentra implícito, ya que la densidad y continuidad de la cubierta vegetal están ligadas a la intensidad y abundancia de las precipitaciones.

Basándose en los coeficientes, p^2/P y Co, se establecieron cuatro grupos de cuencas (Cuadro 1), en los que se pueden determinar la pérdida anual de suelos por medio de la siguiente regresión matemática:

$$y = a + bx$$

Donde: y = pérdida de suelo (Ton/Km²/año)

$$x = p^2/P$$

Cuadro 1 Grupos de Cuencas

Grupo	Condiciones	Ecuación Asociada
Cuenca A	$p^2/P < 20$ $Co < 6$	$y = 6.14x - 49.78$
Cuenca B	$p^2/P > 20$ $Co < 6$	$y = 27.12x - 475.40$
Cuenca C	$Co > 6$ Clima no Semiárido	$y = 52.49x - 513.21$
Cuenca D	$Co > 6$ Cima Semiárido	$y = 91.78x - 737.62$

Fuente: Adaptación Fournier, (citado por Perret, 1992)

Las investigaciones de Fournier se han apoyado en datos de degradación específicas de cuencas situadas por todo el globo terráqueo.

En Venezuela en las microcuencas Cocorico y Tejar (Plan de manejo, 1981). se calculó la degradación específica, resultando una erosión excesiva de 3,106 ton/km²/año y 3,262 ton/km²/año respectivamente. También Aguilar (1988) calculó la degradación específica en la cuenca del río Caldera, Panamá resultado en erosión media 1,190 ton/km²/año. De un modo general puede decirse que los resultados que aportan las correlaciones establecidas por Fournier son válidos para pequeñas cuencas, incluso si el área de esta es de una centena de Km². y si el medio natural en que están enclavadas permite la intervención en el fenómeno de sus diferentes factores generales sin predominar, sobre éstos, factores muy particulares. Un estudio donde el índice de Fournier no fue representativo para calcular la degradación específica, debido a factores particulares de la cuenca, (mal manejo del uso de la tierra, inestabilidad geológica e inestabilidad del régimen hidrico), fue el descrito por Cabrera, (1987) en la cuenca Chixoy, Guatemala, debido a que esos factores no son tomados en cuenta en la fórmula de Fournier. Se asume que este índice dará resultados satisfactorios en la microcuenca seleccionada, ya que no hay factores particulares que alteren su resultado e interpretación.

La erosión que sufre la Tierra cada año por efecto del escurrimiento y las tormentas, involucra cantidades considerables de suelo y restos de rocas. Las que son transportadas a las corrientes y otras masas acuáticas, algunas de las partículas erosionadas son lo suficientemente pesadas para sedimentarse cuando las aguas de tormenta adquieren un estado de reposo, y con frecuencia son levantadas nuevamente durante las crecientes de los ríos, para ser depositadas aguas abajo en ondas sucesivas y finalmente, llegan al océano (Fair, *et. al*, 1979).

En otros casos se considera que, una parte del material producido por los fenómenos erosivos es integrado a la cuenca, y la otra por medio de la red de drenaje es arrastrada al cauce del río por la acción de la escorrentía (Mitchell y Bubenzer, 1984, citados por Seminario *et al*, 1985)

2.7 Erosión y transporte de sedimentos:

Según Vásquez (1988) la sedimentación es el conjunto de los procesos responsables de la modelación de la superficie terrestre: erosión, arrastre, transporte, disposición y compactación de sedimentos. Por lo tanto, cuando se refiere a recursos vitales para el hombre, como la conservación, desarrollo y utilización de suelos y agua, la sedimentación debe merecer una atención muy especial.

Estimaciones de la UNESCO señalan que anualmente entre 10.000 a 20.000 millones de toneladas de materias sólidas, van de los continentes a los océanos. De estas se estima que aproximadamente 4.000 millones de toneladas son sedimentos, la mayoría de los cuales se originan en tierras agrícolas (Williams, J. R., Smith, R. E. *et al*., citado por Oyuela 1987).

Además, los volúmenes de sedimento durante las épocas de crecidas son especialmente significativos, pero son también los más difíciles de medir con alguna precisión, ya que las propias condiciones de cambio constante de las características del flujo impiden la medición correcta (Candanedo *et al*., 1986).

Otro factor importante de la sedimentación es la turbidez a la que Solis (1995) define como "la interferencia al paso de la luz, debida a la presencia de arcillas, limos y coloides, los cuales son incrementados significativamente por los sedimentos". El interés de medir la turbidez no se ha limitado a determinar las partículas pequeñas inaceptables en el agua, si no que es un parámetro utilizado también para evaluar la presencia de contaminación, debido a que la calidad bacteriológica se deteriora aceleradamente por sedimentos, agroquímicos y otros contaminantes (De Zuane 1990).

Según López y Blanco (1968) los sedimentos pueden ser transportados por suspensión, cuando los materiales son arrastrados por las corrientes sin tocar el fondo; por saltación, cuando los materiales avanzan a saltos sucesivos, describiendo trayectorias discontinuas tanto en el espacio como en el tiempo; y por acarreo, donde

los materiales ruedan o se deslizan por el fondo, en cualquiera de las formas, el sedimento transportado puede originar serios problemas.

A lo que se refiere a medición de sedimentos en suspensión que transporta un río presenta una serie de dificultades, debido a que no es un proceso continuo, sino que el transporte es función de la cantidad de material disponible en la cuenca para ser transportado, la densidad de los materiales, el caudal líquido, etc. y estos factores varían con la época del año.

Así mismo, el transporte de sedimentos en suspensión, es fundamentalmente diferente de las formas de transporte señaladas por López y Blanco (1968) debido a que están siempre en movimiento y su peso se encuentra soportado por el fluido. Mientras que el transporte de material sólido por un río está controlado por dos funciones básicas inherentes al sistema de la cuenca del río: una de las funciones indica la cantidad de material disponible para transporte y la otra indica la capacidad del sistema hidráulico para transportar el material.

3. MATERIALES Y METODOS:

3.1 DESCRIPCION DEL AREA

3.1.1 Características generales de la cuenca del Río San Juan.

La Cuenca Hidrográfica del río San Juan forma parte del Sistema Hidrológico "Grandes Lagos-Río San Juan", Nicaragua. El río San Juan nace en el Lago de Nicaragua y fluye sus aguas hacia el este, en un primer trecho en territorio nicaragüense, para luego constituir su margen sur en el cauce medio e inferior del río en la frontera entre Costa Rica y Nicaragua, para desembocar finalmente en el Mar Caribe (Romero, 1995).

La extensión del río San Juan es aproximadamente 116 km. entre Costa Rica y Nicaragua y conduce un caudal promedio anual de 1,309 m³/s. En la porción internacional, bajo tratado binacional, el río se ubica enteramente en territorio

Nicaragüense (Figura 1) La ribera sur del río pertenece a Costa Rica, país que tiene derecho de navegación y transporte de bienes y comercio (CIRA/UNAN, PPUNA/UNA, *et al* 1995)

En el Departamento de río San Juan, las lluvias varían significativamente con una clara tendencia a aumentar de oeste a este, de 1600 a 1700 mm en la costa del Lago de Nicaragua, hasta 6000 mm anuales en la planicie costera del Atlántico. Las temperaturas medias son cálidas y oscilan entre 24 y 27°C.

Predominan tres subgrupos taxonómicos de suelos:

- **Typic Tropaquepts:** Posee un horizonte superficial moderado (15-20 cm), de textura arcillosa, de color pardo grisáceo oscuro a pardo amarillento oscuro, lixiviación maderada.
- **Orthoxic Tropudults:** Con un horizonte superficial moderadamente grueso, de textura franco a franco arcilloso, color pardo rojizo a pardo rojizo oscuro, lixiviación fuerte.
- **Dystropeptic Tropudults:** Horizonte superficial delgado (15-40 cm), textura arcillosa, de color pardo rojizo oscuro a rojo amarillento, lixiviación maderada

En cuanto a vegetación, esta es exuberante y formada principalmente por bosques latifoliados de hojas perennes, tipo selva densa. La densidad varía actualmente por la intervención del hombre, en forma de extracción de la madera o por la agricultura migratoria, basado en corte, roza y quema (CIPRES, 1992)

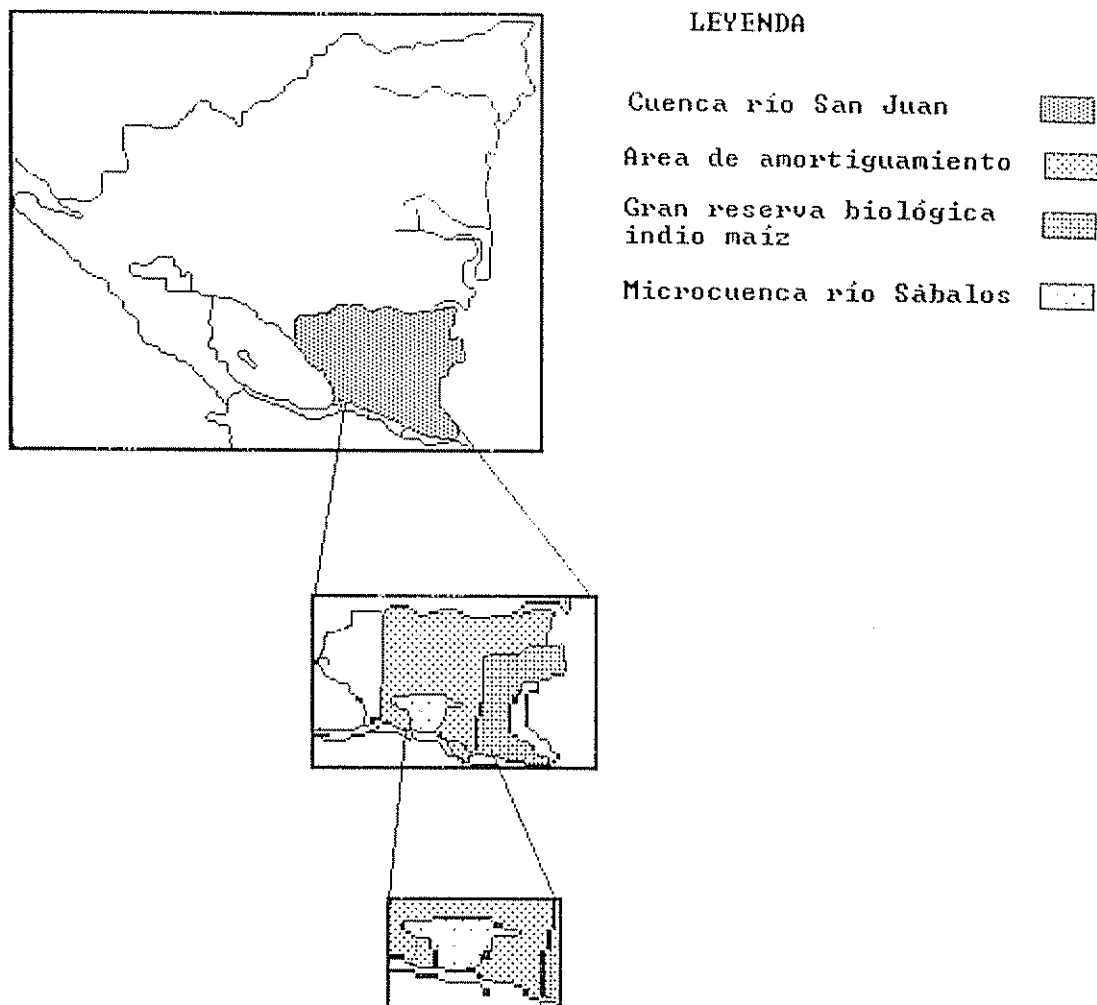


Figura 1 Ubicación de la cuenca Río San Juan, Nicaragua

3.1.2 Características biofísicas del área de estudio.

La microcuenca río Sábalos tiene su cabecera administrativa en Boca de Sábalos y cuenta con cuatro asentamientos: Marlon Zelaya, Las Limas, Buena Vista y El Bosque (Castiglione, 1991). Todos los poblados cuentan con iglesias, centros de salud y escuela primarias. No existe en ninguno de ellos red de aguas negras, ni de alcantarillados. Solo en Boca de Sábalos (hasta hace poco) posee tendido eléctrico y una red de agua potable tomada de un pozo. Además es en el único poblado donde existe una escuela secundaria.

Parte del área está siendo fuertemente impactada por el desarrollo particularmente de un proyecto de palma africana y asentamientos de desarrollo cooperativo dedicados a la producción de cultivos básicos (MARENA, 1993)

La precipitación pluvial para la microcuenca es aproximadamente 3044 mm anuales, el mes más lluvioso es julio, la temperatura media anual es de 25.5° C, el clima se caracteriza por su régimen tropical húmedo, es atravesada por el río Sábalos que posee un caudal de 30 m³/s en la desembocadura. (INETER, 1996). En el se encuentran gran diversidad de peces (sábalos real, guapotes, machacas, camarones, etc.) y plantas acuáticas. Es utilizado para navegación, pesca, recreación y otras actividades comunes de la zona

Suelos:

Para la clasificación taxonómica de la microcuenca (Cuadro 2), nos basaremos en los estudios mencionados por el CIPRES (1992). Estos estudios clasificaron los suelos siguiendo el sistema del "Soil Taxonomy" (USDA, Soil Survey Staff, 1975)

Cuadro 2 Clasificación taxonómica de los suelos microcuenca río Sábalos

Orden	Suborden	Grangrupo	Subgrupo
Inceptisoles	Aquepts	Tropaquepts	Typic Tropaquepts
Ultisoles	Udults	Tropodults	Orthoxic Tropodults

Los suelos de la microcuenca poseen un drenaje imperfecto en la parte baja, predominando el suelo inceptisol con características poco acentuadas y poco problemáticos que permiten una amplia gama de producción agropecuaria. Las características químicas y mineralógica cambian según sea el origen de estos suelos, en general lo que se encuentra en ellos son mezclas de varios tipos de arcillas y minerales primarios (Bertsch, 1995). Mientras que en la parte media y alta el relieve es moderado bien drenado, ondulado, (ligeramente fuerte), el nivel freático se localiza a 60 y 90 cm de profundidad, encontrándose sedimentos arenosos de origen marino, los suelos son de textura fina, clase textural arcillosa y pueden presentar problemas de drenaje externo. (CIPRES, 1994).

En la parte alta predomina el tipo de suelo Ultisol, estos suelos se originan por el efecto prolongado de los factores climáticos (altas cantidades de precipitación durante un tiempo muy prolongado), poseen un bajo nivel de bases y la formación de un horizonte de acumulación de arcilla iluviada, son suelos ácidos, con problemas de toxicidad de Al, la acumulación y descomposición de materia orgánica, y los nitratos se pierden fácilmente por lavado y lixiviación de los terrenos

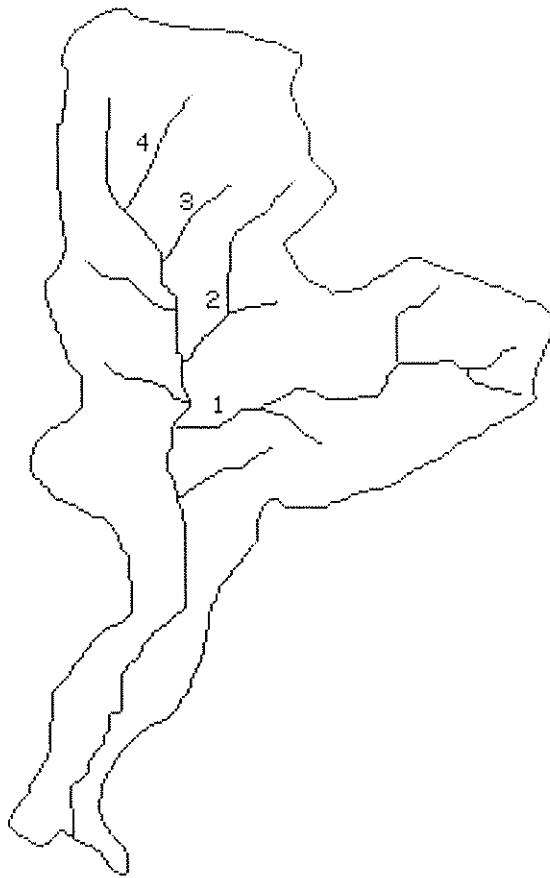
Hidrogeología:

Para la Microcuenca río Sábalo, son pocos los estudios que se han realizado sobre este tema (CIPRES, 1994)

Los subpaisajes que se encuentran en la parte alta y media del río Sábalo son crestas, colinas, planicies y valles. Los elementos del paisaje varían: ligeramente ondulado, moderadamente ondulado, escarpado, fuertemente escarpado, muy escarpado, baja disectado y baja redondeada. Los valles estrechos del río Sábalo tienen una pendiente poco pronunciada (4-8%, 8-15%)

Predomina en la parte alta arriba de la confluencia del río el Guineal con el río Sábalo (Figura 2) el subpaisaje de Colinas con pendientes bien pronunciadas (15-30%), las crestas tienen una pendiente mayor al 50% (muy quebrado).

El río Sábalo es alimentado por pequeños riachuelos y quebradas siendo los afluentes principales: el río Guineal, quebrada Gordiano, quebrada el Guásimo y el río los Muertos. La velocidad de la corriente en dependencia de la pendiente del río no permite, aún en época seca (mediados de marzo) la sedimentación.



LEYENDA

- 1- Río El Guásimo
- 2- Quebrada Gordiano
- 3- Quebrada Guásimo
- 4- Río Los Muertos

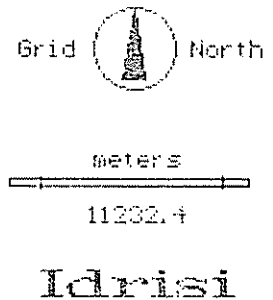


Figura 2 Red hidrográfica río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Zonas de vida (Holdridge):

Basándonos en los estudios de las zonas de vida de Holdridge, (1987) en la microcuenca río Sábalo (Figura 3), predominan tres zonas de vida:

Bh-T Bosque Húmedo Tropical

Bh-T τ Bosque Húmedo Tropical, transición a Subtropical

Bmh-T σ Bosque muy Húmedo Premontano Tropical, transición basal

El Bosque Húmedo Tropical (Bh-T) : es caracterizado por una pluviosidad anual de 2,000 a 3,000 mm anual; una biotemperatura de 24-26°C . La vegetación natural es Bosque de Latifoliados Perennifolias. La deforestación o la desaparición de la vegetación nativa se encuentra bien marcada. Tanto la extracción de madera, como las prácticas agrícolas inherentes a la agricultura migratoria, han significado una intervención fuerte por el hombre. Además no hay que olvidar el apogeo ganadero bajo la modalidad de ganadería intensiva, que se está implementando en la zona.

Bosque Húmedo Tropical, transición a Subtropical (Bh-T τ): es una variante de la zona de vida Bosque Húmedo Tropical, tanto la pluviosidad anual, como la distribución de la precipitación y la presencia de un período seco corto son iguales. Se diferencian por la elevación topográfica mayor de 150 a 300 msnm., y la biotemperatura (ligeramente inferior a 24° C) El relieve es variado, de ondulado-ligeramente escarpado a muy escarpado, con un drenaje externo bueno, los suelos presentan problemas por deficiencia de nutrientes, y baja fertilidad en general

Se puede observar el grado de deforestación acelerada, la recolonización y nueva colonización en el área del río Sábalo que acentúan el proceso.

Bosque muy Húmedo Premontano Tropical, transición basal (Bmh-T σ) · es caracterizado por una pluviosidad elevada (3,000-4,000 mm) anuales, bien distribuidos todo el año. La biotemperatura es un poco superior a 24°C. Los suelos tienen una buena profundidad efectiva, pero con una fertilidad baja bien marcada.

La intervención del hombre ha incidido considerablemente sobre la vegetación del bosque denso latifoliado, disminuyendo de esa manera los rangos de densidad del bosque, así como estableciendo áreas con una vegetación actual diferente: pastos naturales y mejorados, cultivos de subsistencia en las parcelas o área de plantaciones. La zona de Buena Vista se encuentra muy alterada, poniendo en peligro la continuidad y sostenibilidad ecológica de la producción raicillera.

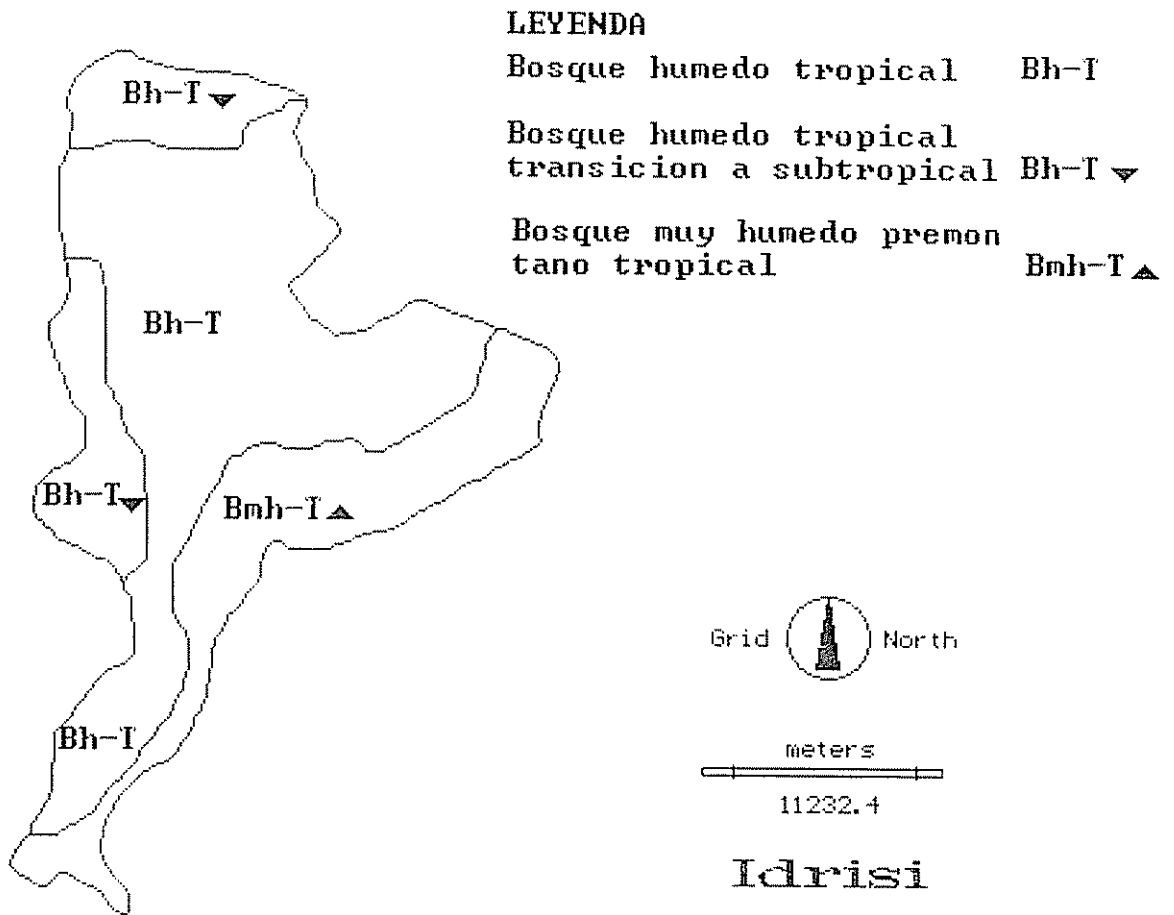


Figura 3 Zonas de vida microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

3.2 Materiales:

A continuación se detallan tanto los materiales, como los métodos utilizados para la realización de esta investigación

Materiales de Campo : mapas a escala 1:50.000, clinómetro, altímetro, planimetro, cámara fotográfica, vehículo de doble tracción, combustible, lancha

Materiales de Laboratorio: termo, envases plásticos de 1lts, envases de vidrios 200 ml, termómetro, reactivos, tubo medidor de turbiedad, electrómetro,

pipetas, biuretas medios de cultivos, tubos múltiples, equipo de filtración y papel filtro, balanza analítica.

Materiales de oficina : formularios, lápiz, calculadora, tabla de campo, libreta de apuntes, disquete, equipo digital (microcomputadora).

Recursos humanos: equipo de trabajo conformado por el estudiante y un ayudante de campo originario de la zona, personal de apoyo del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), el personal del laboratorio del Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia, del Ministerio de Salud, y los miembros del comité de tesis del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

3.3 Metodología

La metodología utilizada para la realización de este trabajo se dividió en etapas y actividades:

3.3.1 Etapas:

Primera Etapa: Por medio de mapas actuales (proporcionados por INETER y MARENA) se ubicó la microcuenca río Sábalo, y se procedió a dividirla siguiendo el criterio hidrológico, recomendado por el CIDIAT, (1984). el cual consiste en dividir la microcuenca siguiendo las líneas de divorcio o líneas parte-aguas, tomando en cuenta el uso actual y la capacidad de uso de la tierra, en los siguientes componentes predominantes:

- Parte alta microcuenca con bosque natural
- Parte media microcuenca con actividad agrícola y ganaderas
- Parte baja microcuenca con asentamiento concentrados

Segunda Etapa: Se visitó la microcuenca seleccionada y se verificó los límites de la división, se eligió los puntos de control para la toma de muestras de calidad de agua en los principales tributarios del río. La selección de las unidades muestrales se realizó tomando en cuenta la influencia de la proximidad a explotaciones agrícolas,

ganaderas, bosque y poblaciones, se establecieron tres puntos de control en cada división de la microcuenca (Partes alta, media y baja)

3.3.2 Actividades

3.3.2.1 Selección de las variables:

Las variables seleccionadas son las utilizadas para medir la calidad de las aguas crudas y aguas potables, (Cuadro 3) se escogieron siguiendo las recomendaciones de algunos autores como: Cordero, (1977); Estrada, (1986); Feliciani, (1987); Villegas, (1995) y principalmente las recomendadas por la American Society of Civil Engineers (1969).

Cuadro 3 Calidad de las fuentes de agua cruda

Promedios	Excelente	Buena	Mala	Rechazable
DBO mg/l	0,75 a 1,5	1,5 a 2,5	2,5 a 4	> 4
Coliformes 100 ml	50 a 100	100 a 5000	5000 a 20,000	> 20,000
pH	6 a 8,5	5 a 6	3,8 a 5	< 3,8
		8,5 a 9	9 a 10,3	> 10,3
Cloruros (mg/l)	< 50	50 a 250	250 a 600	> 600
Fluoruros (mg/l)	< 1,5	1,5 a 3	> 3	-

Las variables seleccionadas para aguas crudas (río Sábalo) son las mismas utilizadas para agua potable.

La metodología se basó en el análisis completo de laboratorio y dentro de los denominados caracteres físico-químicos se seleccionaron las variables: sólidos totales, turbidez, pH, temperatura, conductividad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), fosfatos, cloruros, sodio, nitratos, nitritos, amonio. Como caracteres microbiológicos las variables: coliformes fecales y coliformes totales (Cuadro 4).

Cuadro 4

Importancia de las variables medidas (Estrada, 1986)

variable	importancia
DBO	Es una medida de oxígeno requerido para la estabilización biológica de la materia orgánica en un intervalo de tiempo.
FOSFATOS	Influye sobre los procesos de productividad acuática
CLORUROS	Un alto contenido de este elemento hace indeseable el uso del agua, para fines domésticos
SODIO	Es indicador de la mineralización de las aguas
NITRATO	Altas concentraciones de este elemento puede ser nocivo para la salud.
NITRITO	Pueden tener un efecto perjudicial sobre la salud, sobre todo si se trata de niños.
AMONIO	Indica una degradación incompleta de la materia orgánica
pH	Mide la acidez o alcalinidad del agua
TEMPERATURA	Influye en el proceso de autodepuración del agua
CONDUCTIVIDAD	Nos permite conocer de una forma rápida y global la mineralización del agua
TURBIDEZ	Es el índice óptico del sedimento en suspensión y presencia de bacterias.
SOLIDOS TOTALES	Concentración de minerales disueltos en el agua (limo, arcilla, arena)
COLIFORMES FECALES COLIFORMES TOTALES	Tienen una relación directa con la contaminación de aguas por materiales fecales.

Los métodos para analizar cada variable son los utilizados por el Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia del Ministerio de Salud, de Nicaragua (Cuadro 5), recomendados por la asociación pública americana, (1992) Los valores obtenidos en los análisis de cada variable se compararon con los estándares y criterios recomendados por la legislación técnico-sanitaria española (1986) y la O.M.S. (Cuadros

2A, 3A, 4A). De esta forma se determinó la calidad del agua y comparo si existían diferencias en las partes alta, media y baja de la microcuenca según el uso de la tierra

Cuadro 5 Variables y métodos de análisis utilizaos en la microcuenca río Sábalos, para evaluar la calidad del agua

Variables	Métodos Utilizados
Nitratos	Método de Diazotación
Nitrito	Método de Srennig
Amonio	Método de Nesslerización Directa
Fosfato	Método del Cloruro Estaño
Cloruros	Método Argentométrico
pH	Método Electrométrico
Sólidos Totales	Método Gravimétrico
DBO	Método de Incubación
Turbidez	Visual
Coliformes Fecales	(NMP) Tubos Múltiples
Coliformes Totales	(NMP) Tubos Múltiples

NMP = Número más probable

3.3.2.2 Frecuencia, toma y conservación de muestras:

Los muestreos se realizaron con una frecuencia de una vez al mes durante cuatro meses (Abril a Julio 1996). Se establecieron nueve puntos de control (Figura 4), distribuidos aleatoriamente dirigidos, correspondiendo tres en cada división de la microcuenca (alta, media, baja). La calidad del agua, se determinó mediante la toma de muestras, tomando en cuenta los aspectos de calidad bacteriológica, química y física

Estos se efectuaron siguiendo las técnicas específicas de muestreos recomendadas por los laboratorios del Ministerio de Salud de Nic. Utilizando envases

especiales, se dispuso de recipientes de 1000 ml de plásticos (físico-químico) y de 200 ml de vidrio (bacteriológicos). Los frascos debían estar muy limpios y secos, provistos con un tapón de plástico revestido de polietileno. Al tomar la muestra se llenaron hasta la boca del frasco, procurando que no quedara volumen de aire en su interior y que quedaran bien cerrados. Las muestras se enviaron lo antes posible al laboratorio para su análisis, el transporte se hizo en una nevera portátil, hasta su llegada al laboratorio.

3.3.2.3 Puntos de muestreos:

- **Sb1** Boca de Sábalos: ubicada al noroeste del poblado El Castillo, limita en su extremo oriental con el monumento cultural Fortaleza de la Inmaculada. El poblado del mismo nombre es la cabecera administrativa del municipio. Es el punto de control más importante, por ser el puerto de anclaje de las planas que viajan de San Carlos a El Castillo, el poblado está ubicado principalmente a la orilla del río los cuales utilizan su aguas para pesca, recreación, baño, lavado, desagüe, etc.
- **Sb2** Astillero: ubicado aproximadamente a 3 km de Boca de Sábalos, es mejor conocido como la Toboga debido a que en la zona abunda una serpiente del mismo nombre. En esta área la mayoría de los pobladores se dedican a la construcción de barcos y otros a la agricultura.
- **Sb3** COREXSA: su nombre se debe a que el punto de control se ubicó junto a un aserradero abandonado que lleva ese nombre, es el último punto de la parte baja, con poca población a su alrededor, predominando la flora y fauna características de la zona, aquí en época soleada se puede observar algunos Guagipales tomando el sol.
- **Sm1** Marlon Zelaya: ubicado a 8 km. de Boca de Sábalos, fue el punto más largo y difícil principalmente en época de fuertes lluvias, debido a que el río se encuentra bastante alejado del camino y hay que recorrer aproximadamente 30 minutos entre el fango. Los pobladores de la zona se dedican principalmente a la ganadería intensiva y un poco a la agricultura.
- **Sm2** Las Limas: el margen del río se encuentra protegido con Charral y bosque, la principal actividad en la zona es la ganadería, agricultura de subsistencia y

leña. Esta región no se nota tan desforestada, también existe un arboreto con diferentes especies de la zona y un pequeño bosque de pino

- Sm3 Buena Vista: ubicado a 12 60 km de Boca de Sábalos. Es el último punto de control de la parte media, el río en este punto posee buen caudal. Esta zona es la más poblada de la parte media, su principal actividad es la ganadería y el cultivo de raicilla (*Ipecacuana*) planta medicinal muy valorada por la industria farmacéutica mundial
- Sa1 El Bosque : ubicado en la bifurcación de el bosque y gordiano (pequeños poblados), también rodeado de Charral y bosque, en esta parte el río disminuye su caudal.
- Sa2 Gordiano: situado a 3 horas de Buena Vista (sobre el río), con poco caudal es el refugio de la flora y fauna de la región (monos, tigres, venados, etc) Los pobladores se dedican un poco a la ganadería y a la agricultura migratoria
- Sa3 El Guásimo: el último punto de muestreo de la microcuenca, rodeado de especies características del bosque húmedo tropical. es una zona de difícil acceso. se encuentra a 6 horas del poblado Buena Vista, aquí el río en época seca pierde exageradamente su caudal.

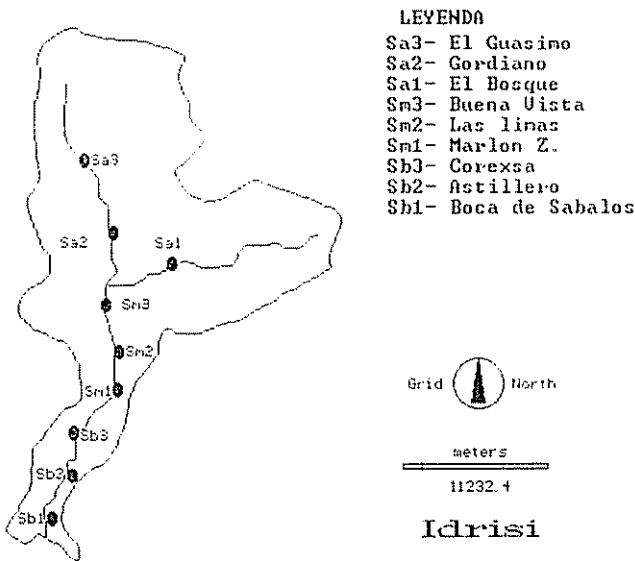


Figura 4 Puntos de muestreos microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

3.3.2.4 Análisis de la información:

Con la información recabada se procedió a realizar los siguientes análisis:

Calidad del agua: Con el fin de determinar si existen diferencias entre las partes alta, media y baja de la microcuenca del río Sábalo en cuanto a las variables de calidad del agua a medir, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis a estas variables (anexo 1), tomando las partes de la microcuenca como única fuente de variación.

Agrupación de variables: Por medio del análisis de conglomerados se determinó grupos de variables con características similares entre sí (anexo 2), permitiendo simplificar la estructura de los datos originales. Comparando el efecto agregado y simultáneo que las variables ejercen sobre la calidad del agua. En este caso se aplicó este análisis, con el objeto de generar un diagrama de árbol de agrupamiento de las variables que caracterizan la calidad del agua según su correlación. La medida de distancia propuesta fue $1-r^2$ (cuadro 1A)

Estimación de la erosión potencial: Por medio del método de Fournier se estimó la erosión potencial en la microcuenca río Sábalos. Este método utiliza la acción del clima para la estimación cuantitativa de la degradación del suelo. La acción del clima se expresa por la relación: p^2/P . En el que toma como parámetro p que significa la precipitación del mes de máxima pluviosidad registrado por una estación y P es la precipitación media anual (calculada ésta por el método de polígono de Thiessen). El CIDIAT (1984) recomienda para la estimación de la Degradación Específica constar con registro de precipitación de 10 años o más. En nuestro caso se obtuvieron registros de 22 años de la estación El Castillo (cuadro 5A), suministrados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) para el cálculo del Coeficiente Orográfico se hizo a través de la fórmula ($Co = H * tg / A$),

Donde:

Co= Coeficiente Orográfico

H= altura media de la microcuenca

tg= es la tangente de la altura media de la microcuenca,

A= es la superficie de la microcuenca, más la información del cuadro 1

Análisis comparativo: Se comparó los resultados obtenidos en los análisis de calidad de agua, con los resultados del cálculo de la degradación específica de Fournier en la microcuenca.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Zonificación de la microcuenca río Sábalos:

La microcuenca río Sábalos se localiza a los $84^{\circ} 28'15''$, $84^{\circ}29'25''$ longitud Oeste y a los $11^{\circ}1'54''$, $11^{\circ}3'35''$ latitud Norte. La microcuenca tiene forma de pera un poco alargada en la parte baja, posee un área de 470.70 km^2 , donde la parte alta ocupa el mayor territorio 330.70 km^2 y se encuentra en su mayoría cubierta de bosque, la parte media tiene un área de 90 km^2 utilizada para ganadería y cultivos perennes, la parte baja tiene un área de 50 km^2 y es donde más se concentra la población (Figura 5)

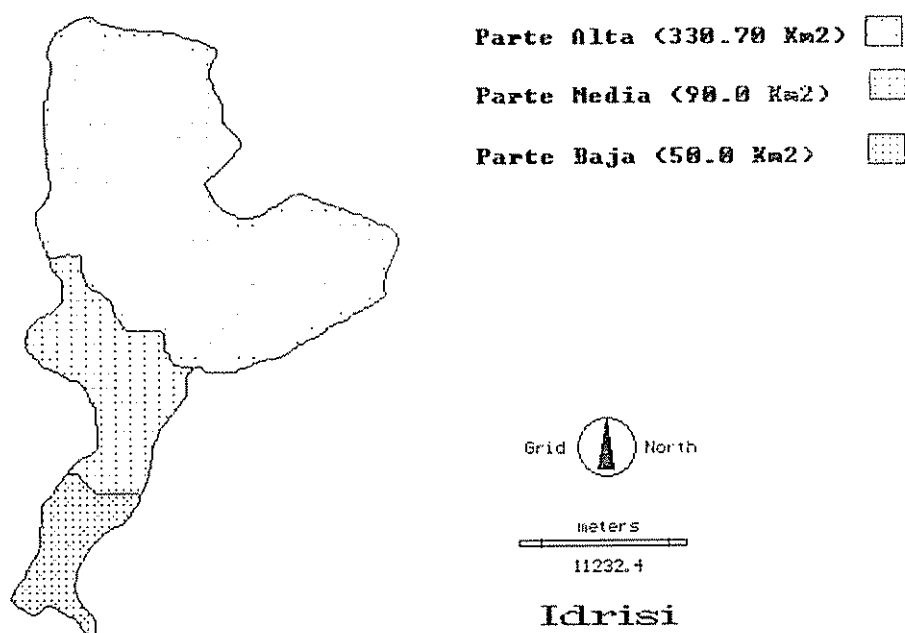


Figura 5 Partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

4.1.1 Uso potencial de la tierra según zona de vida

La microcuenca río Sábalos se localiza en las siguientes Clases de Uso Potencial (Cuadro 6 y Figura 6) donde la aptitud de la tierra se define en:

Aptitud Alta : Tierra en la cual se espera que el tipo de utilización designado sea muy apto

Aptitud Mediana: Tierra en la cual se prevé que el tipo de utilización designado sea de aptitud de mediana, debido a que los rendimientos son inferiores a los de aptitud alta

Aptitud Restringida: Tierra en la cual se prevé que el tipo de utilización designado sea sólo de aptitud limitada, debido a que los rendimientos son inferiores a los de la aptitud alta y aptitud mediana.

Aptitud Baja: Tierra en la cual el tipo de utilización designado se considera definitivamente no apto. Es apropiado únicamente para conservación de la fauna y la flora, turismo o propósitos estéticos

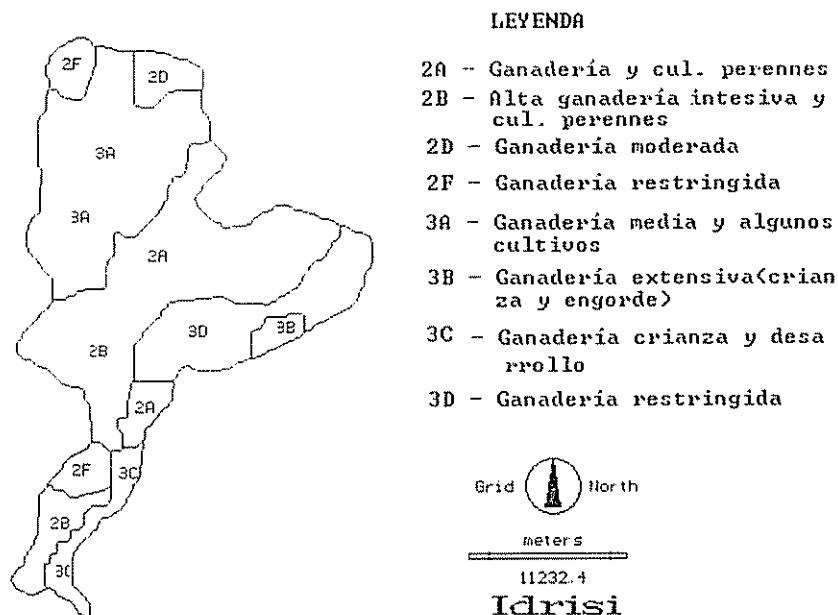


Figura 6 Uso potencial de la tierra microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

Cuadro 6 Aptitud de la tierra en la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San

Juan Nicaragua

ZONA DE VIDA	CLASES DE USO POTENCIAL	APTITUD DE LA TIERRA	TIPO DE UTILIACION DE LA TIERRA	PENDI ENTE	LIMITACIONES
D	2A	ALTA	Ganadería intesiva** palma africana, jengibre, etc.	0-15	-----
	2B	ALTA	Ganadería intesiva** cacao, piña, etc	0-15	drenaje moderadamente bueno y moderadamente imperfecto
	2D	MEDIANA	Ganadería extensiva**	15-30	Topografía
	2F	RESTRIN GIDA	Ganadería muy extensiva **	30-50	Topografía
D ²	3A	MEDIANA	Ganadería extensiva***	0-5	Drenaje moderad bueno o mode imperfecto y exceso de precipitación
	3B	MEDIANA	Ganadería muy extensiva***	15-30	Exceso de precipitación
	3C	RESTRINGI DA	Ganadería muy extensiva***	0-5	Exceso de precipitación
	3D	RESTRINGI DA	Ganadería muy extensiva***	30-50	Topografía y exceso de precipitación

D = Bosque humedo tropical

D² = Bosque muy humedo premontano tropical

** = ganadería de crianza, desarrollo y engorde

***ganadería de crianza y engorde

4.1.2 Uso actual de la tierra:

Se estima que en el bosque húmedo tropical de la microcuenca río Sábalos, existen más de 200 especies CIPRES, (1992). de las cuales solo unas 20 se aprovechan comercialmente, divididas según su calidad comercial, siendo las principales

Calidad 1	caoba (<i>Swetenia Macrophylla</i>), cedro Real (<i>Cedrela odorata</i>) ocupando 0,84% del área de bosque
Calidad 2	cedro macho (<i>Carapa nicaragüense</i>) cebbo (<i>Virola kaschnyi</i>), almendro (<i>Dipterix panamensis</i>), ocupando 25 24% del área de bosque
Calidad 3	manga larga (<i>Vochysia ferrunginea</i>), el guayabo (<i>Terminalia- oblonga</i>), genizaro(<i>Pithecolobium saman</i>) ocupando 16 92% del área de bosque

Es de todos conocidos, la enorme riqueza que existe en el bosque húmedo tropical, sin embargo, esta día a día se nos escapa de las manos, debido a la falta total de un sistema de manejo lo que han llevado a un actual y rápido empobrecimiento de éste.

4.1.2.1 Intervenciones en el Bosque Húmedo Tropical:

- Explotación extractivas de las principales especies del bosque principalmente cedro y caoba
- No existen datos recientes de la situación forestal en el país, mucho menos en lo que corresponde a la microcuenca río Sábalo, por lo que nos basaremos en la información recolectada con los técnicos del MARENA 1996 (Cuadro 7)
- Los terrenos agrícolas son utilizados para la siembra de cultivos de subsistencia (maíz, frijoles), los que al perder la fertilidad del suelo son abandonados aumentando las áreas considerablemente.

Cuadro 7 Distribución del uso actual del suelo microcuenca río Sábalos, cuenca

Río San Juan, Nicaragua

USO ACTUAL DEL SUELO	ESTRATOS INTERVENIDOS
Bosque	43 0
Ríos	0 8
Cultivos perennes	11 2
Ganadería y palma africana	24 0
Bosque cortado	10 0
Población	11 0
Total en por ciento	100 0

- El área boscosa se encuentra por debajo del 50% (Figura 7) y desgraciadamente tiende a seguir disminuyendo, para ser sustituida por pastizales ya que existe mucho interés por los campesinos en la ampliación de su hato ganadero.
- Disturbios climáticos como huracanes tan frecuentes en la zona, contribuyen al deterioro de los bosques en la microcuenca
- La infaltable intervención del hombre a través de colonización y el avance inadecuado de la frontera agrícola deja al bosque gradualmente más intervenido.
- Problemas con la Tenencia de la tierra, la mayoría de los pobladores de la microcuenca río Sábalos, no cuentan con títulos de propiedad
- El Instituto Nicaragüense de Reforma Agraria (INTA), en los últimos años se encuentra trabajando en la delimitación de áreas y otorgamiento de títulos de propiedad en la microcuenca, encontrándose con el problema principal de la región como es la inmigración de numerosas familias a la zona y la colonización de nuevas tierras lo que provoca una superposición de propiedades y un descontrol en los datos registrados por el INTA. Estos problemas de tenencia de la tierra, crea enormes conflictos tanto en la administración de la región, como en los planes de desarrollo de la misma

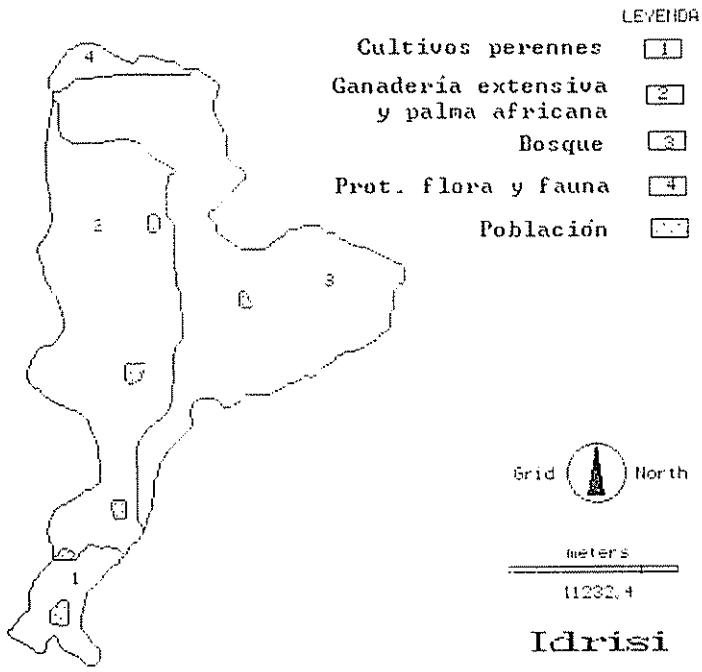


Figura 7 Uso actual de la tierra microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua

4.2 Análisis de la información:

4.2.1 Resultados de las pruebas no paramétricas

Variables químicas

Sodio

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de Sodio (mg/l), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 8 y Figura 8

Cuadro 8 Valor medio de sodio, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Alta	Media	Baja
9,37b	7,45a	17,81a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

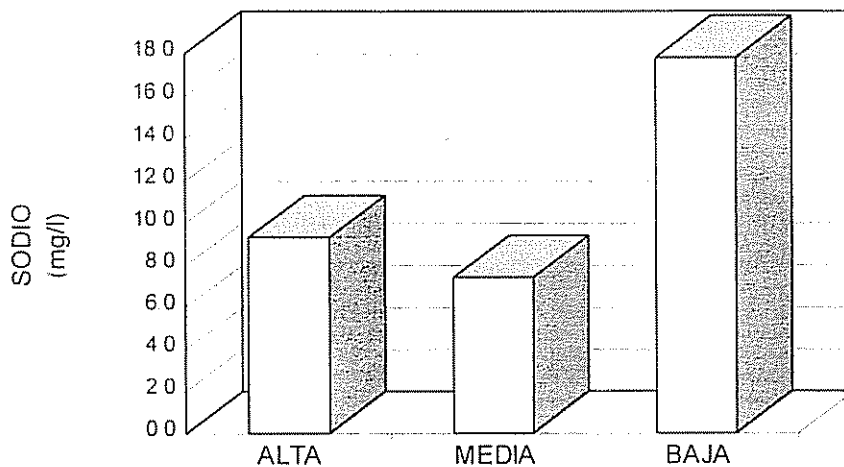


Figura 8 Valor medio de sodio, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

El sodio es un elemento altamente soluble en el agua, por lo que fácilmente puede ser introducido al sistema mediante la escorrentía superficial. En el río Sábalos, la mayor concentración de sodio se localizó en la parte baja sin embargo, sus

concentraciones no ocasionan mineralización fuerte en las aguas del río, por encontrarse debajo del límite máximo permisible de 50 mg/l para riego y uso industrial hasta 200 mg/l dictaminado por la O M S. Altas concentraciones (500-1,000 mg/l, se consideran como agentes tóxicos para los peces. (Flora *et al* 1984, citado por Beitia, 1989) A la vez concentraciones moderadas disminuyen los efectos tóxicos del potasio y amonio.

Amonio

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de amonio (mg/l), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 9 y Figura 9

Cuadro 9 Valor medio de amonio, según partes de la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Alta	Media	Baja
0,215b	0,362ab	0,465a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

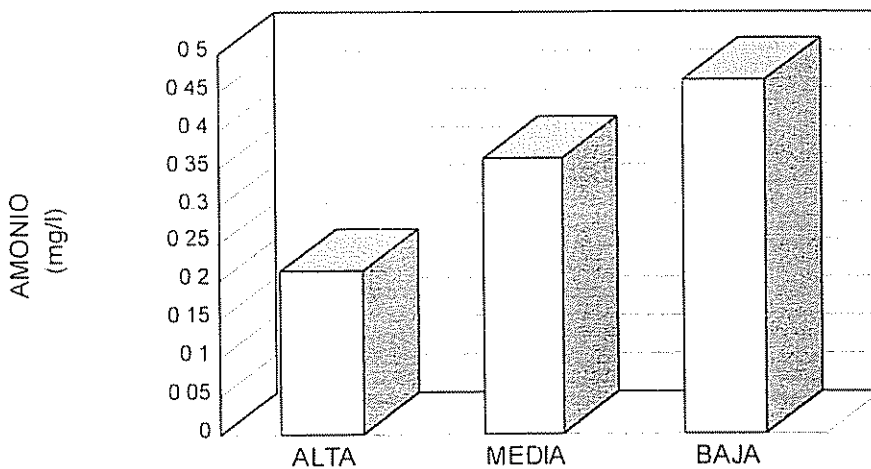


Figura 9 Valor medio de amonio, según partes de la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

La parte baja como era de esperarse, presenta el índice de concentración más alto debido a la contaminación por aguas fecales y por la descomposición de sustancias orgánicas de origen vegetal, que son descargados directamente en el agua,

en cualquier época del año. El límite máximo admisible dispuestos por la Legislación Española y la O.M.S para el contenido de amonio es de 0,5 mg/l. Sin embargo, la mínima presencia de amonio nos indica contaminación, hay que tomar las medidas preventivas, para evitar un aumento en las concentraciones de esta variable.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de DBO (mg/l), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 10 y Figura 10

Cuadro 10 Valor medio de DBO, según partes de la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Alta	Media	Baja
0,02b	1,1ab	2,9a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

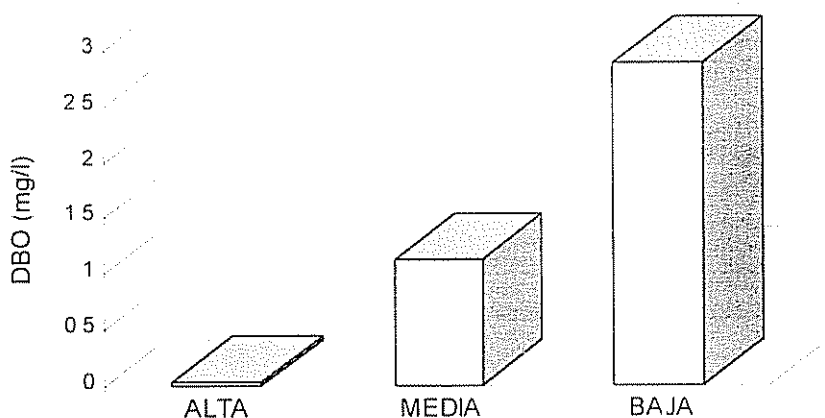


Figura 10 Valor medio de DBO, según parte de la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es mayor en la parte baja causando una contaminación severa, a veces acompañada de un olor desagradable en las corrientes de agua por la escasez de oxígeno disuelto, lo que aumenta las concentraciones de aguas fecales y aguas residuales, y disminuye la degradación de materia orgánica por los microorganismos aerobios, lo cual puede interpretarse como una posible contaminación orgánica, aumentado por las diferentes actividades realizadas en esta parte de la microcuenca. La American Society of Civil Engineers (ASCE) Clasifica las

concentraciones del DBO como: Excelente (0,75 a 1,5) . Buena (1,5 a 2,5), Mala (2,5 a 4),

Rechazable (>4). Por lo tanto las partes de la microcuenca se clasificarían en: parte alta y media - excelente, parte baja - mala, lo cual indica que la producción actual de desechos orgánicos en la parte baja de la microcuenca, es superior a la capacidad de autodepuración que tiene el río Sábalos, por lo que puede ser perjudicial para la vida acuática y para la salud pública.

Fosfato

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de fosfato (mg/l), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el en el

Cuadro 11 y Figura 11

Cuadro 11 Valor medio de fosfato, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Alta	Media	Baja
1,075b	0,558a	0,368a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

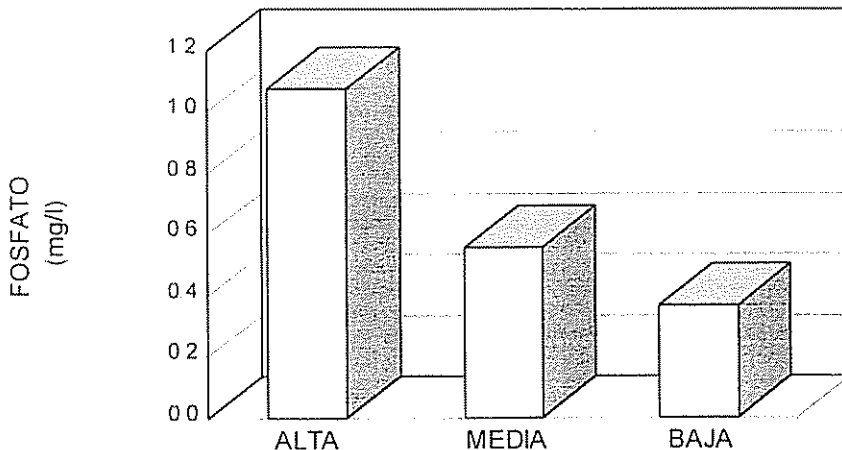


Figura 11 Valor medio de fosfato, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Existe mucha variación en la literatura acerca de los límites permisibles de fosfatos en el agua, por lo tanto nos basaremos en los dictaminados por la Reglamentación Española y la O.M.S las que establecen como valor máximo tolerable de calidad hasta 2,15 mg/l. El mayor contenido de fosfato se localizó en la parte alta de la microcuenca, sin embargo, los resultados se encuentran por debajo de los niveles contemplados, pero es natural encontrarlo en pequeñas concentraciones en las aguas naturales (Estrada, 1986), su origen se debe posiblemente a lixiviado de los terrenos que atraviesa debido a que predominan los suelos Ultisoles que son los más propensos al lavado y por las pequeñas cárcavas en surcos que llegan hasta el río.

Cloruro

Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de cloruro (mg/l), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 12 y Figura 12

Cuadro 12 Valor medio de cloruro, según partes de la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Alta	Media	Baja
12,75 ^b	15,25 ^{ab}	20,33 ^a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

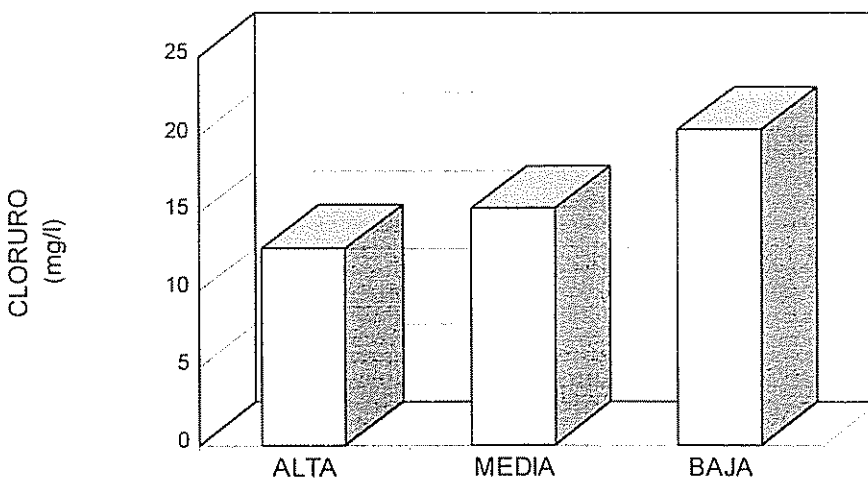


Figura 12 Valor medio de cloruro, según parte de la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

La concentración más alta de cloruro se encontró en la parte baja de la microcuenca debido a la contaminación del agua por fuentes puntuales que están situadas en la localidad como las aguas residuales que son descargadas directamente en el río, en esta zona es común por carecer de alcantarillado público. El cloruro en concentraciones fuertes es altamente corrosivo. Sin embargo, las concentraciones detectadas en las partes de la microcuenca no alcanzan el límite máximo permisible dispuestos por la Legislación Española y la O M S para el contenido de cloruro de las aguas naturales los cuales están entre 50-60mg/l. Se deben tomar las medidas preventivas para evitar un aumento de esta variable, que podría ser perjudicial para el embarcadero.

Nitratos

Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de nitratos (mg/l), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 13 y Figura 13.

Cuadro 13 Valor medio de nitratos, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

Alta	Media	Baja
3,658a	4,108a	4,066a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

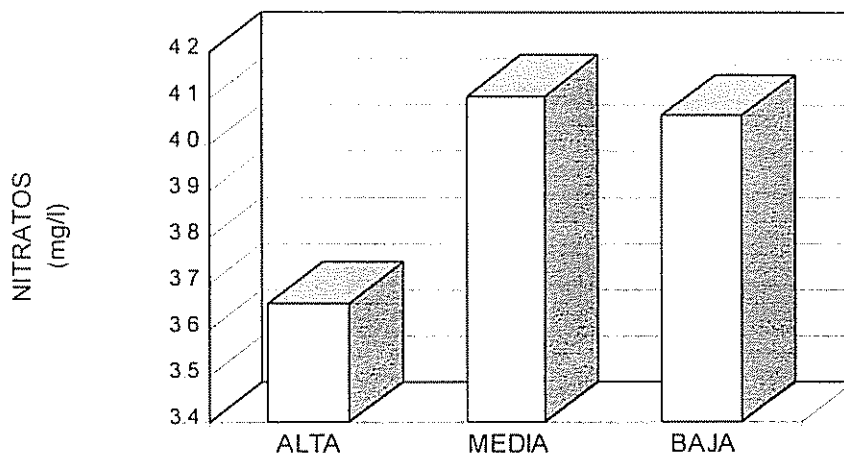


Figura 13 Valor medio de nitratos, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

La concentración más alta de nitrato se presentó en la parte media de la microcuenca esto es justificado por la actividad ganadera y agrícola que se desarrolla en esta parte de la microcuenca lo cual provoca una nitrificación del nitrógeno orgánico El contenido de nitrato en el agua del Río Sábalos no se le puede catalogar como perjudicial, ya que estas concentraciones no alcanzan el límite máximo permisible 10 mg/l dispuestos por la Legislación Española y la O.M.S. para el contenido de nitratos de las aguas naturales. Sin embargo, deben tomarse las medidas preventivas para evitar un aumento en las concentración de esta variable, la que podría estimular propagación de algas y microorganismos que afecten la eutrofización de las aguas del río

Nitritos

Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de nitritos (mg/l), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 14 y Figura 14

Cuadro 14 Valor medio de nitritos, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Alta	Media	Baja
0.245b	0.162a	0.12a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

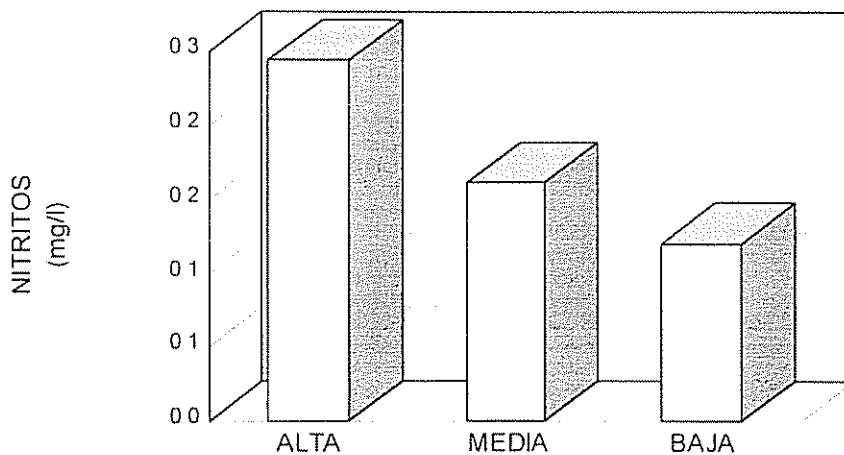


Figura 14 Valor medio de nitritos, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

La mayor concentración de nitrito se localizó en la parte alta de la microcuenca debido al tipo de suelo (Ultisol), el cual no presenta buenas condiciones para la acumulación y descomposición de materia orgánica, por lo tanto, los nitritos se pierden muy fácilmente por lavado del suelo. Sin embargo, la parte media y baja también presentan una alta concentración, encontrándose arriba del límite máximo permisible. Por lo cual estas aguas se pueden considerar sospechosas de una contaminación reciente por materias fecales. La O.M.S. establece como valor máximo tolerable de calidad hasta 0.1 mg/l. Cantidades superiores a ésta hacen suponer que el agua es rica en materia orgánica en vía de oxidación como es el caso de esta microcuenca. Deben tomarse las medidas necesarias para evitar un aumento en las concentraciones de nitritos, ya que pueden ser nocivas para la salud, principalmente para los infantes en los que puede ocasionar metahemoglobinemia (asfixia interna).

Conductividad

Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de conductividad (S/cm), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 15 y Figura 15.

Cuadro 15 Valor medio de conductividad, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Media	Baja
144.3 a	142.5a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

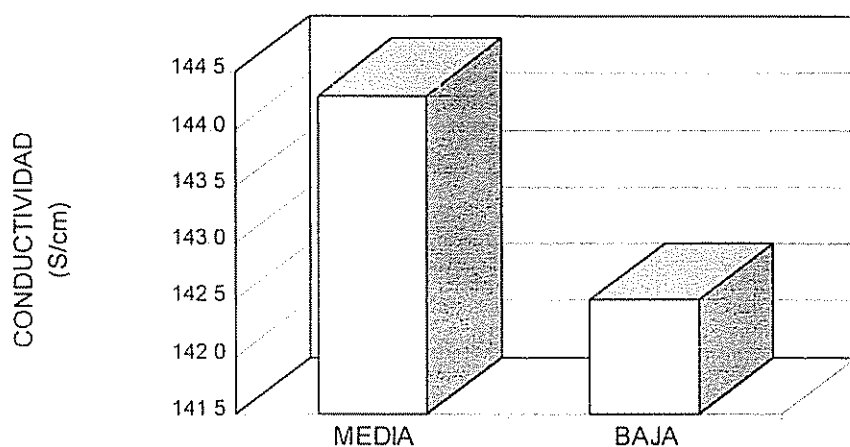


Figura 15 Valor medio de conductividad, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

La variable Conductividad, no fue medida en la parte alta. Sin embargo, se determinó en la parte media y baja, lo cual nos permite conocer de una forma global y rápida si existe o no mineralización en las aguas del río Sábalos. La reglamentación Española establece como valor orientador de calidad hasta 400 S/cm. Por lo tanto los resultados obtenidos son menores lo cual indica que no existe mineralización en las aguas del río Sábalos, lo que se corroboró con los resultados de la variable sodio.

VARIABLES FÍSICAS

pH

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de pH, según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 16 y Figura 16

Cuadro 16 Valor medio de pH, según partes de la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

Alta	Media	Baja
7,4b	7,9a	7,8a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

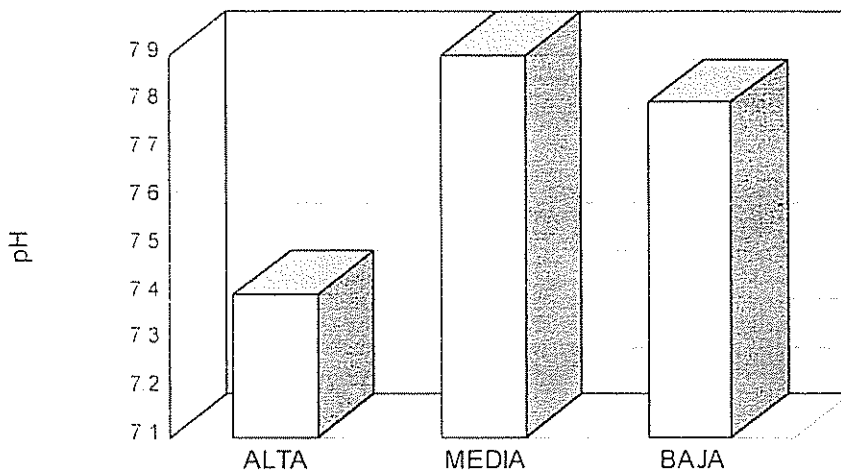


Figura 16 Valor medio de pH, según parte de la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua

La variable pH se comportó de forma homogénea en las tres partes de la microcuenca. Solo la parte alta presenta un poco menos alcalinidad, sin embargo, en todas las partes de la microcuenca el nivel del pH se encuentran dentro del margen establecido por la reglamentación técnico-sanitaria Española y la O.M.S. comprendido entre 6,5 - 9,2 como límite mínimo y máximo tolerable para aguas de consumo y riego.

Temperatura

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de temperatura (C°), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 17 y Figura 17.

Cuadro 17 Valor medio de temperatura, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Alta	Media	Baja
28b	27b	29a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

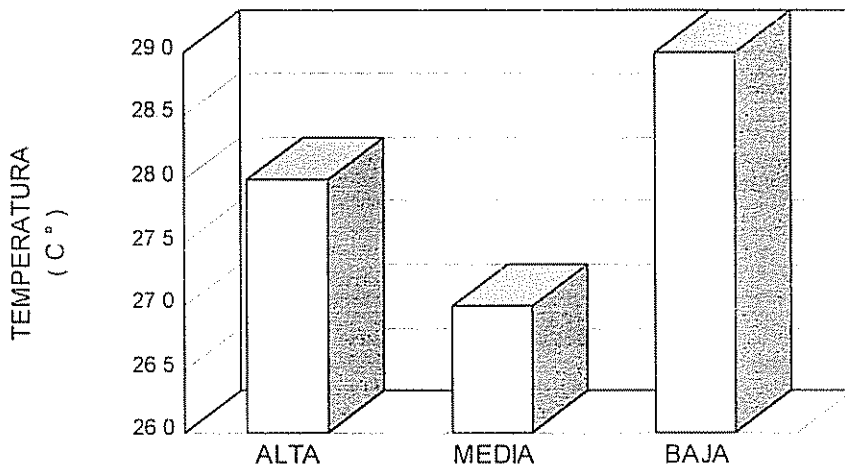


Figura 17 Valor medio de temperatura, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

Las aguas del río Sábalos en la parte baja de la microcuenca presentan mayor temperatura, esto es debido a las diferentes actividades (embarcadero) que en ella se realizan. La temperatura en la parte alta, media y baja de la microcuenca se puede considerar óptima para la solubilidad de sales y gases, para mejorar la conductividad eléctrica, en la variación del pH y para la autodepuración de sus aguas. La reglamentación técnico-sanitaria Española no establece límites mínimo y máximo tolerables para la temperatura del agua, ya que varían según la localización geográfica y condiciones climáticas de cada región. Sin embargo, ésta debería tener una temperatura inferior a la del ambiente en verano y superior a la del ambiente en

invierno, en el caso del río Sábalos la temperatura ambiental en invierno oscila entre 26° - 30° C. Se recomienda especial cuidado en el aumento de la temperatura ya que podría ser perjudicial para algunas especies de peces, susceptibles a altas temperaturas, como también podría ocasionar cambios en el sabor y olor del agua.

Turbidez

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de turbidez (UTN), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 18 y Figura 18

Cuadro 18 Valor medio de turbidez, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Alta	Media	Baja
8,0a	8,5a	8,2a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

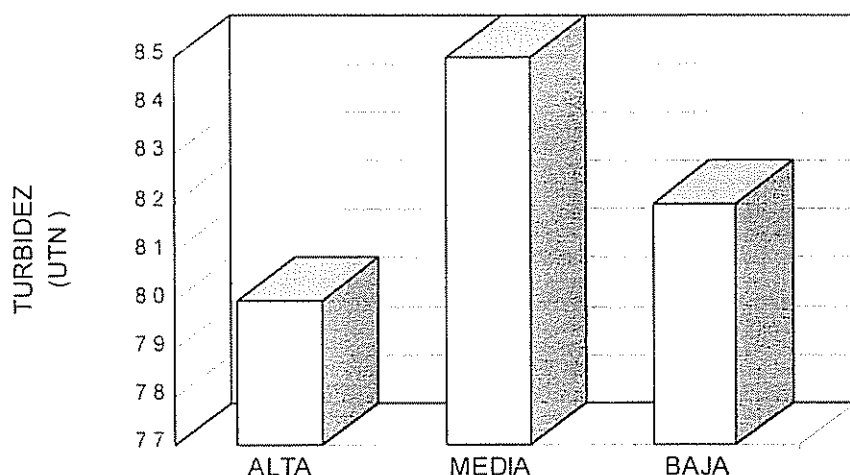


Figura 18 Valor medio de turbidez, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

La concentración más alta de turbidez se encontró en la parte media de la microcuenca. Sin embargo, no difiere mucho de la parte alta y baja de la microcuenca, donde también sobre pasan los límites máximos permisibles dispuestos por la Legislación Española y la O.M.S para turbidez en las aguas naturales de 5 UTN (Unidades Neofelométricas de Turbidez). Las descargas de desechos orgánicos y

sedimentos aumentan los niveles de turbidez, provocando una apariencia de agua sucia y turbia. A lo largo del río Sábalos se puede apreciar partículas sólidas y residuos de materia orgánica en suspensión, las que pueden acumularse en las branquias de los peces afectando su fisiología, a la vez impide la penetración de luz solar en el agua, causando efectos negativos en el crecimiento de la flora acuática.

Sólidos totales

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de Sólidos totales (mg/l), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 19 y Figura 19

Cuadro 19 Valor medio de sólidos totales, según partes de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Alta	Media	Baja
170,08b	133,50a	135,08a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

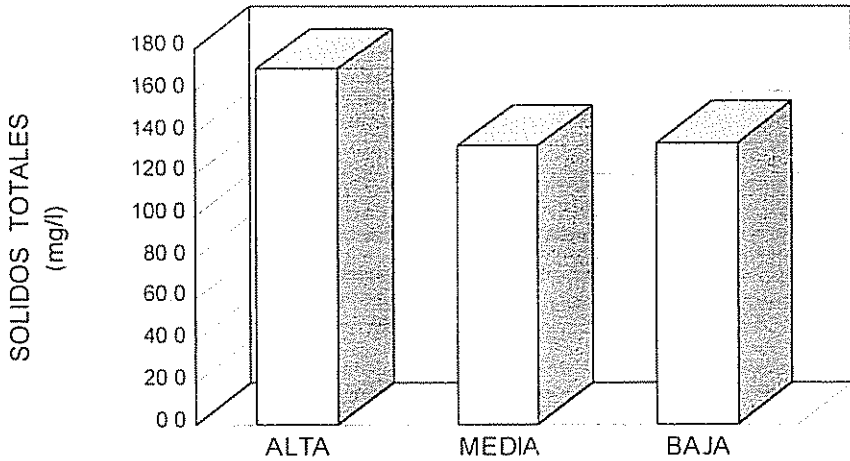


Figura 19 Valor medio de sólidos totales, según parte de la microcuenca río Sábalos, cuenca Río San Juan, Nicaragua

La concentración más alta de sólidos totales se encontró en la parte alta de la microcuenca debido al tipo de suelo y a la intervención que sufre el bosque por los pobladores de la zona. Sin embargo, es muy poca la variación que existe con las partes media y baja. El límite máximo permisible dispuestos por la Legislación Española y la O.M.S para los sólidos totales es de 1,000 mg/l En nuestro caso las

concentraciones de sólidos totales puede catalogarse como contaminación ligera. Pero si hay que tomar medidas necesarias para controlarlo.

Variabes bacteriológicas

Coliformes fecales

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para las concentraciones medias de coliformes fecales (mg/l), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 20 y Figura 20

Cuadro 20 Valor medio de coliformes fecales, según partes de la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Alta	Media	Baja
110208a	673583a	722583a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

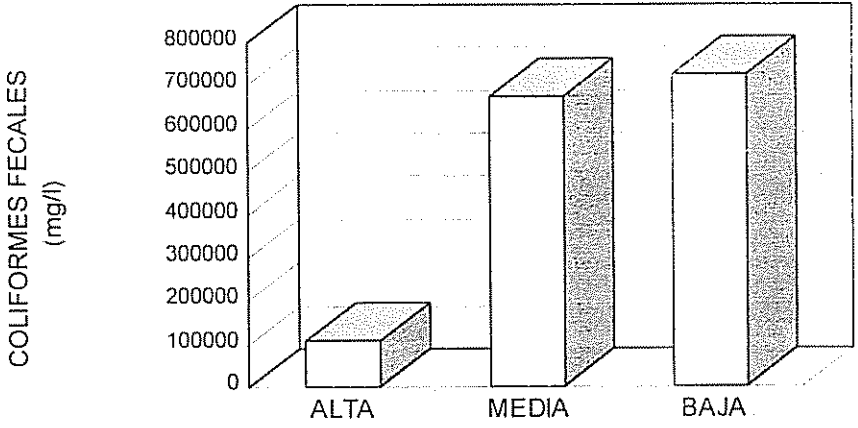


Figura 20 Valor medio de coliformes fecales, según parte de la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua

En la parte baja de la microcuenca la concentración de coliformes fecales es mayor, sin embargo, en la parte alta y media también la contaminación es fuerte; lo que era de esperarse, debido a que existen varios asentamientos humanos distribuidos por toda la microcuenca que depositan sus excrementos al aire libre o directamente en el agua, por carecer del servicio de alcantarillas y de educación ambiental, también la contaminación por excrementos animales es inevitable. La American Society of Civil

Engineers (ASCE) clasifica las concentraciones de coliformes fecales para aguas crudas en: Excelente (50 a 100) , Buena (100 a 5,000) , Mala (5,000 a 20,000) , Rechazable (>20,000). En nuestro caso los clasificamos en Rechazable, por lo que las aguas del río Sábalo no pueden ser utilizadas en forma directa para consumo humano, ni para uso recreacional que incluya contacto primario con las aguas, sin antes un tratamiento previo.

Coliformes totales

Resultados de la prueba Kruskal Wallis para las concentraciones medias de coliformes totales (mg/l), según las partes muestreadas de la microcuenca, se presentan en el Cuadro 21 y Figura 21

Cuadro 21 Valor medio de coliformes totales, según partes de la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua

Alta	Media	Baja
403417a	1.77E+06a	1.72E+06a

Partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

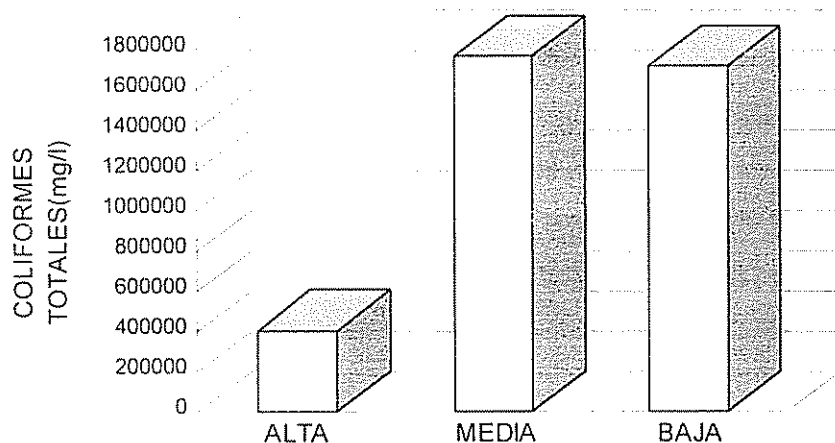


Figura 21 Valor medio de coliformes totales, según parte de la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

La parte alta de la microcuenca presenta menor concentración de esta variable, mientras que la parte media, presenta una mínima diferencia de concentración de coliformes totales en relación a la parte baja.

Los valores encontrados revelan la presencia de contaminación orgánica provenientes de las fincas ganaderas y agrícolas aledañas a la rivera del río, las que lanzan desechos agrícolas, plantas y animales muertos, restantes de alimentos, excrementos de animales y personas, lo que puede ocasionar problemas a la salud humana. La American Society of Civil Engineers (ASCE) clasifica las concentraciones de coliformes totales para aguas crudas en: Excelente (50 a 100) , Buena (100 a 5,000) , Mala (5,000 a 20,000) , Rechazable (>20,000). Las aguas del río Sábalo en las tres partes de la microcuenca, se clasifican como Rechazable.

Calidad del agua:

Con la ayuda del programa estadístico SAS, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, a las variables químicas, físicas y bacteriológicas, para calcular si existen diferencias estadísticamente significativas al nivel del 5% (Cuadro 22 y Cuadro 23) entre las partes alta, media y baja de la microcuenca río Sábalo.

Los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio de las aguas del río Sábalo, muestran diferencia de calidad en cada parte de la microcuenca, presentando menor grado de contaminación la parte alta, como era de esperarse, debido al uso de la tierra (Bosque) que se le da a esta parte de la microcuenca. Las variables fosfatos, nitritos y sólidos totales, se encuentran en mayor concentración en esta parte de la microcuenca debido a causas naturales de contaminación como es el tipo de suelo (Ultisol) existente en la zona, el cual es susceptible a la lixiviación y al arrastre de materia orgánica. Sin embargo, solo la variable nitritos sobre pasa los límites máximos permisibles y este disminuye a medida que aumenta el caudal del río.

La calidad del agua en la parte media de la microcuenca, se encuentra más perturbada que la parte alta. Las variables que presentan mayor concentración son: pH, nitratos, turbidez, coliformes fecales y coliformes totales, donde las tres últimas sobre pasa los límites máximos permisibles, esto puede deberse al tipo de uso de la tierra (agricultura y ganadería) que se le da a esta parte de la microcuenca.

En la parte baja la calidad del agua es la más perturbada, principalmente por las variables fosfatos, nitratos, amonio y DBO, éstas no sobrepasan los límites máximos permisibles; con excepción del DBO en la parte baja. Sin embargo, se debe tener especial cuidado en el aumento de estas variables, ya que solo 0,3 mg/l promueve el crecimiento de plantas y microorganismos que pueden disminuir el oxígeno y la vida acuática de peces y plantas nativas del río (Daniel *et al* 1994, citado por Villegas, 1995). Así mismo las variables cloruro y sodio no presentan problemas de mineralización, pero se debe tener cuidado en el aumento de estas variables, principalmente en la parte baja de la microcuenca, ya que pueden causar problemas corrosivos en los barcos.

En resumen la mayoría de las variables físicas y químicas, analizadas en el río Sábalo, no presentan un alto peligro de contaminación, debido a que en su mayoría se encuentran debajo del límite máximo permisible dictaminado por la Legislación Española (Cuadros 2A y 3A) y la O.M.S. (Cuadro 4A) por lo cual las aguas del río Sábalo, se consideran aptas para cualquier uso. Sin embargo, el comportamiento de las variables bacteriológicas: coliformes fecales y coliformes totales, presentaron un alto grado de contaminación en las tres partes de la microcuenca, como resultado de esta contaminación la variable física turbidez, sobre pasa los límites máximos permisibles, por lo tanto el agua del río Sábalo utilizada para consumo humano, sin un tratamiento previo adecuado, es altamente peligroso para la salud.

Es común encontrar concentraciones altas de Coliformes en las aguas de ríos, cercanos a poblados (Cordero, 1977; Bustos, 1992; Villegas, 1995). y su corrección se simplifica si se toman las medidas correctivas a tiempo, en el caso de la microcuenca río Sábalo un programa de letrización y selección de áreas para basureros comunales, posiblemente vendría a disminuir la contaminación del agua.

Cuadro 22 Resumen de los resultados de las variables estudiadas

VARIABLES		PARTES DE LA MICROCUENCA RIO SABALOS		
		ALTA	MEDIA	BAJA
QUIMICAS	SODIO	9.37b*	7.45a*	17.81a*
	AMONIO	0.21b*	0.36ab*	0.46a**
	DBO	0.02b*	1.1ab**	2.9a***
	FOSFATO	1.07b*	0.55a*	0.36a*
	CLORURO	12.75b*	15.25ab*	20.33a*
	NITRATOS	3.65a*	4.10a*	4.06a**
	NITRITOS	0.24b***	0.16a**	0.12a**
	CONDUCTIVIDAD	nsd	144.3a*	142.5a*
FISICAS	pH	7.4b*	7.9a*	7.8a*
	TEMPERATURA	28b*	27b*	29a*
	TURBIDEZ	8.0a***	8.5a***	8.2a***
	SOLIDOS TOTALES	170.08b*	133.5a*	135.08a*
BACTERIOLOGICAS	COLIFORMES FECALES	110208a***	673583a***	722583***
	COLIFORMES TOTALES	403417a***	1770000a***	1720000a***

(a,b)= partes con igual subíndice indican que no existen diferencias estadísticamente significativas al 5%

* = variable lejos del límite máximo permisible (Legislación española y OMS)

** = variable cerca del límite máximo permisible (Legislación española y OMS)

*** = variable arriba o en el límite máximo permisible (Legislación española y OMS)

Cuadro 23 Resumen estadístico de las variables evaluadas para determinar la calidad del agua en la microcuenca rio Sábalo. cuenca Rio San Juan Nicaragua

PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA

variable:	Media	Varianza	Error Standar	Minimo	Máximo	C.V.
DBO	0.02125	0.00626	0.00722	0.01	0.1	117.76
Fosfato	1.075	0.258	0.146	0.4	2.1	47.28
Cloruro	12.75	4.386	0.604	10	17	16.42
Sodio	9.375	0.963	0.283	7.5	11	10.47
Nitrato	3.658	0.16	0.115	3	4.5	10.96
Nitrito	0.245	0.00579	0.021	0.1	0.35	30.95
Amonio	0.215	0.038	0.064	0.01	0.47	90.43
Ph	7.491	0.108	0.094	7	8	4.38
Temperatura	28	0.727	0.246	27	29	3.04
Conductividad	nsd	nsd	nsd	nsd	nsd	nsd
Turbidez	8	5.272	0.662	5	11	28.7
Sólidos Totales	170,083	612.083	7.141	140	221	14.54
Coliformes Fecales	1102	4.46E+10	609	7000	750000	191,57

PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA

variable:	Media	Varianza	Error Standar	Minimo	Máximo	C.V.
DBO	1.122	1.1	0.302	0.016	3.5	93.43
Fosfato	0.558	0.232	0.139	0.18	1.5	86.28
Cloruro	15.25	16.02	1.155	10	23	26.24
Sodio	7.458	23.862	1.41	3	20.5	65.49
Nitrato	4.108	2.72	0.476	2	7.6	40.1
Nitrito	0.162	0.00977	0.028	0.09	0.4	60.81
Amonio	0.362	0.035	0.056	0.02	0.6	51.76
Ph	7.9	0.052	0.066	7.6	8.3	2.9
Temperatura	27.916	0.446	0.192	27	29	2.394
Conductividad	144.3	74.553	3	130	155	5.98
Turbidez	8.583	2.992	0.499	6	11	20.15
Sólidos Totales	133.5	1655.36	11.745	60	192	30.47
Coliformes Fecales	6735	1.98E+12	4065	1000	4.60E+06	209.07
Coliformes Totales	1.77E+06	9.20E+12	8755	11000	1.10E+07	171.17

PARTE BAJA DE LA MICROCUENCA

variable:	Media	Varianza	Error Standar	Minimo	Máximo	C.V.
DBO	2.964	13.83	1.073	0.01	9.5	125.46
Fosfato	0.368	0.052	0.065	0.12	0.9	61.94
Cloruro	20.333	78.242	2.553	13	38	43.5
Sodio	17.816	549.527	6.767	2	73	131.57
Nitrato	4.066	1.633	0.368	2.3	6.6	31.42
Nitrito	0.12	0.0138	0.034	0.02	0.4	98.21
Amonio	0.465	0.03	0.055	0.24	0.8	37.85
Ph	7.866	0.104	0.093	7.4	8.2	4.1
Temperatura	29	1.09	0.301	28	30	3.6
Conductividad	142.583	44.992	1.936	130	150	4.7
Turbidez	8.2	4.4	0.663	6	11	25.58
Sólidos Totales	135.083	547.538	6.754	100	188	17.32
Coliformes Fecales	72258.3	5.81E+09	21998.1	1100	220000	105.46
Coliformes Totales	1.72E+06	2.05E+13	1.31E+06	1200	1.60E+07	264.05

4.2.2 Análisis de conglomerados (Cluster)

500.00

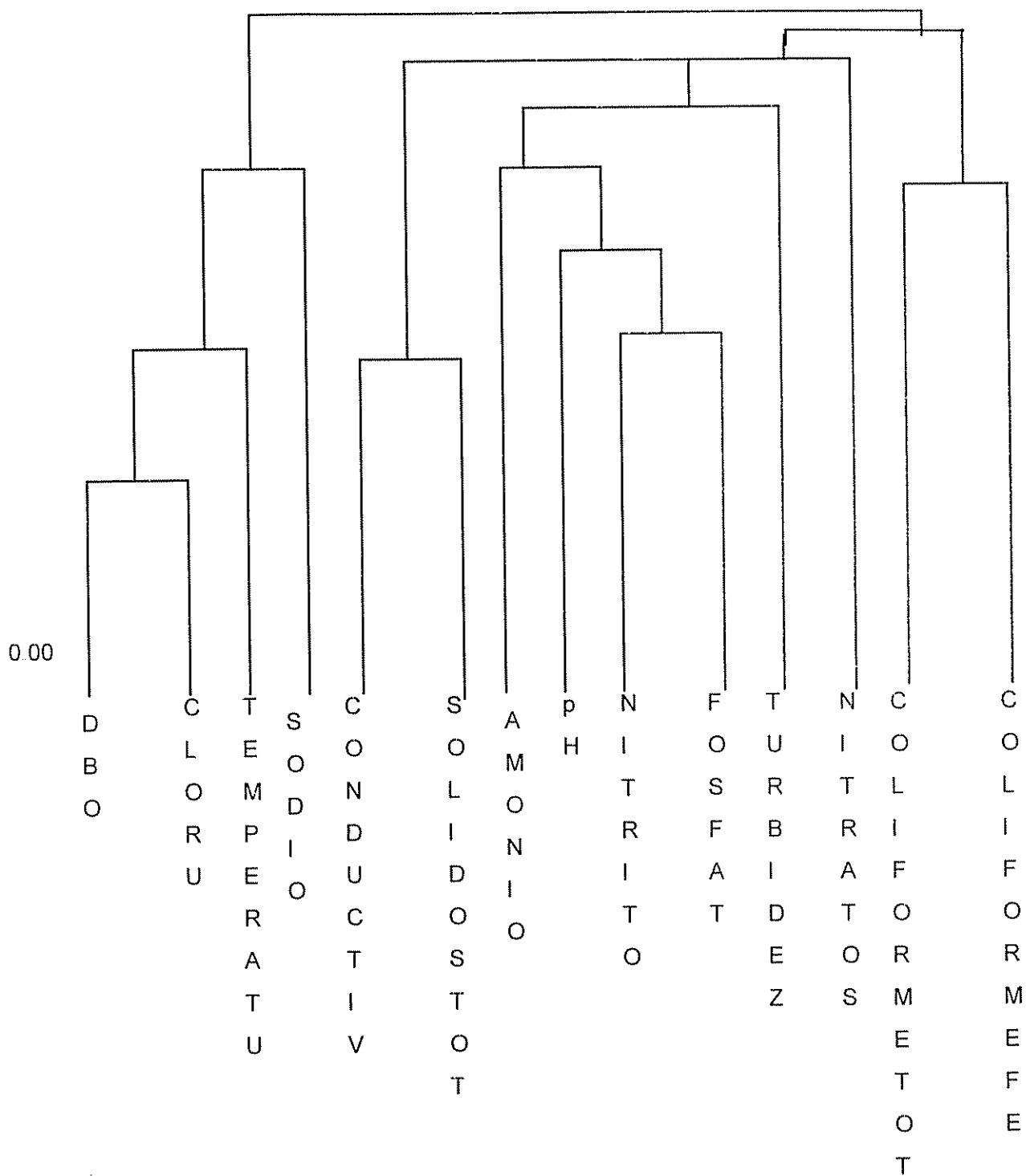


Figura 22 Dendrograma de similitud de las variables de calidad del agua, para la microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

Cuadro 24

Matriz de correlación de las variables estudiadas para evaluar la calidad del agua del río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua

	DBO	fosfa	cloru	sodio	nitra	nitri	amon	pH	temp	condu	turbi	solt	colif	colit
DBO	1 000													
fosfa	-0 430	1 000												
cloru	<u>0 807</u>	-0.400	1 000											
sodio	<u>0 409</u>	-0 197	<u>0 621</u>	1 000										
nitra	-0 039	-0 047	-0 157	-0 040	1 000									
nitri	-0 546	0 554	-0 505	-0 271	-0 073	1 000								
amon	0 036	-0 403	0 007	-0 178	0 316	-0 386	1 000							
pH	0 205	<u>-0 483</u>	0 168	-0 003	0 226	<u>-0 488</u>	0 333	1 000						
temp	0 601	<u>-0 496</u>	0 643	0 497	-0 388	<u>-0 387</u>	-0 101	-0 073	1 000					
condu	-0 029	0 168	-0 039	<u>-0 478</u>	-0 087	0 159	-0 022	-0 077	-0 186	1 000				
turbi	0 094	<u>-0 496</u>	0 141	<u>-0 025</u>	0 198	-0 224	-0 111	0 202	0 118	-0 063	1 000			
solt	-0 307	<u>0 558</u>	-0 316	-0 216	0 230	<u>0 414</u>	-0 298	-0 182	<u>-0 543</u>	<u>0 618</u>	-0 146	1 000		
colif	-0 162	<u>0 338</u>	-0 162	-0 048	0 005	<u>0 356</u>	-0 253	-0 070	<u>-0 158</u>	<u>-0 127</u>	-0 299	0 029	1 000	
colit	-0 196	0 152	-0 155	-0 137	0 143	0 122	0 040	0 194	-0 184	-0 156	0 037	0 069	0 521	1 000

— correlación estadísticamente significativa ($p < 0 05$)

= correlación altamente significativa ($p < 0 01$)

Agrupación de variables:

Por medio del análisis de conglomerados o Cluster, corroborado con una matriz de correlación (Cuadro 24) se identificaron las variables que se encuentran más estrechamente correlacionadas entre si y se observó la similitud de los grupos que forman

El dendrograma de similitud de variables (Figura 22), permitió observar seis grupos con una diversidad de variables tanto físicas, químicas y bacteriológicas: Grupo 1= (DBO, cloruro, temperatura, sodio) donde DBO y Cloruro presentan una correlación altamente significativa con 0,80. Grupo 2= (Conductividad, sólidos totales) estrechamente correlacionados con 0,61. Grupo 3= (fosfatos, nitritos, pH, amonio) las variables fosfatos y nitritos se encuentran estrechamente correlacionados 0,55. Grupo 4= (coliformes fecales y coliformes totales) estas variables presentan una correlación significativa de 0,52. Los Grupos 5 y 6 presentan una correlación estadísticamente no significativa.

La correlación existente entre cloruro y DBO, se debe a que el cloruro es un indicador de la existencia de residuos y desperdicios animales, lo cual aumenta la demanda bioquímica de oxígeno en el río. En el caso de conductividad y sólidos totales la estrecha relación se debe a que conductividad es un estimador simple de la presencia de sólidos disueltos y un índice de contaminantes inorgánicos. Las variables nitritos y fosfatos, su correlación se debe a que ambos son indicadores de contaminación orgánica y contaminación por materiales fecales, la presencia de estas variables en las aguas del río Sábalos se debe principalmente al lixiviado y arrastres de los suelos, que los transportan hasta el río. La determinación cualitativa y cuantitativa de nitritos nos permite detectar posibles variaciones en la calidad del agua.

Es importante señalar, que algunos habitantes de la parte alta y media de la microcuenca utilizan las aguas del río para consumo; por lo tanto, se deben tomar las medidas necesarias para mejorar la calidad de las aguas, mediante el manejo óptimo de los recursos naturales y la planificación adecuada del uso de la tierra, ya que cualquier alteración de alguna variable repercute sobre las otras.

Los resultados obtenidos en este estudio son específicos para el área estudiada y no sería conveniente extrapolarlas a otras zonas donde el comportamiento de estas variables puedan ser diferentes, influenciadas por factores característicos de cada región o por los distintos usos de la tierra.

4.2.3 Estimación de la erosión potencial

Cuadro 25 Registros pluviométricos de la estación El Castillo. Río San Juan, Nicaragua

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES INFORMATICA													
INETER							Datos y Estadística						
ESTACION EL CASTILLO							LATIT: 11 01' N						
PERIODO : 22 AÑOS							LONG: 84 23' W						
							ELEV: 40 msnm						
PARAMETROS PRECIPITACION (mm)													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOT
SUMA	3375	1716	1411	1650	4730	7691	9736	7636	6959	6323	6185	5205	62587
MEDIA	153	78	64	75	215	350	443	347	316	287	281	237	2845
MAXIMA	424	195	146	211	336	549	666	680	507	440	684	414	3958
MINIMA	0	0	0	0	55	182	218	0	208	0	98	0	1841

P =Precipitación media anual

p =Precipitación del mes de máxima pluviosidad

Co =Coeficiente orográfico de Fournier

H = Altura media de la microcuenca

tgx = Tangente de la altura media de la microcuenca

A = Area de la microcuenca

P = 2845 mm

p = 443 mm (El Castillo)

$p^2 = 19,624 \text{ mm}^2$

$p^2 / P = 68,98 \text{ mm}$

H = 120

tgx

A = 470,70

$Co = 120 \cdot 120 / 470,70 = 30$

Co= 30, por lo que le corresponde el grupo C, del cuadro no. 1 (revisión de literatura), en el que Co > 6 y climas no semiáridos

y = a+bx

x = 68,98 mm

y = 52,49x - 513,21

y = 3.107,55 ton/Km²/año

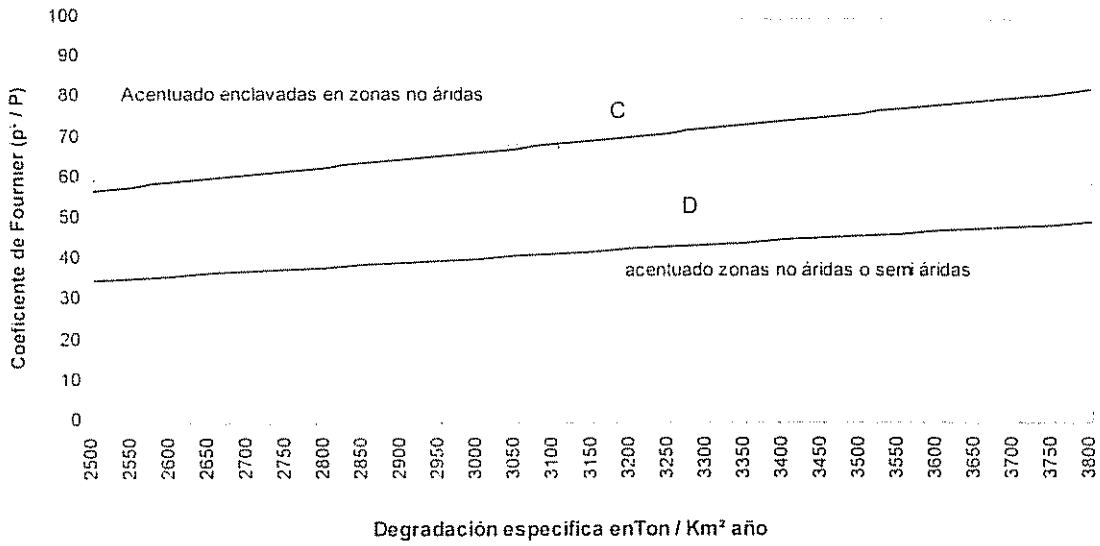


Figura 23 Nonograma para determinar la degradación específica (ton/km²/año) microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua.

Cuadro 26 Distintos valores medios de degradación asignados por Fournier

CALIFICACION	DEGRADACION Ton/Km ² /año
Denundación geológica normal	0 - 100
Erosión débil	100 - 1000
Erosión media	1000 - 2000
Erosión fuerte	2000 - 3000
Erosión excesiva	mayor de 3000

Estimación de la erosión potencial: La pérdida de suelo cuantificada en términos de arrastre de sedimentos, expresada en Ton/Km²/año, es la cantidad específica de suelo que podría perderse por erosión potencial o riesgo de erosión en una cuenca (Faustino, 1984). Para la estimación de la erosión potencial del suelo en la microcuenca río Sábalos, se utilizó el método de Fournier para el cálculo de la degradación específica. Hubiese sido interesante calcular la degradación específica en cada parte de la microcuenca, pero hasta este año fue instalada la primera estación meteorológica en la microcuenca y de la cual aun no hay datos, por lo que se recurrió a la estación más próxima El Castillo, la que tiene 22 años de registros

No se pudo utilizar polígonos de Thiessen debido a que se trataba de una sola estación, por lo que se tomó el promedio de los registros de todos los años observados (Cuadro 25) como P, luego se buscó el mes en que ocurrió la máxima precipitación (p), resultando los valores de $p^2/P= 68,98$ mm, más las características de la microcuenca relieve acentuado, bien drenados, se calculó el coeficiente orográfico el cual ubicó la microcuenca en el grupo C del cuadro no 1, y finalmente aplicamos la regresión matemática $y= a + bx$ siguiendo la Figura 23 se escogió la recta que mejor se ajusta a las características de la microcuenca y se obtuvo la degradación específica correspondiente a 3,107,55 Ton/Km²/año, para la microcuenca río Sábalos, luego se asigno un índice de degradación igual a erosión excesiva (Cuadro 26) a los resultados obtenidos.

Algo que no se debe olvidar es que la erosión está presente en cualquier cuenca por bien conservada que ésta se encuentre y que la cantidad de suelo que se pierde es producto de la erosión actual y no hay que confundirla con la degradación específica,

ya que ésta es erosión potencial. Lo más importante de la estimación de la erosión potencial del suelo en la microcuenca río Sábalo, es que es el primer trabajo relacionado con pérdida de suelos y servirá como punto de partida a futuras investigaciones relacionadas con la erosión y deterioro del suelo en la zona

Análisis comparativo: Como primer resultado se obtuvo que el uso de la tierra, si influye en la calidad del agua, ya que la mayoría de las variables analizadas principalmente las más peligrosas (coliformes fecales, coliformes totales, DBO, amonio y nitritos) se encuentran por arriba del máximo permisible, lo que provoca un alto índice de contaminación en el agua. El resultado del laboratorio indica un promedio de 170 a 135 mg/l de sólidos totales presentes en el río, encontrándose por debajo del límite máximo permisible, sin embargo las diferencias de residuos (rocas, raíces, ramas, arboles, etc), en las agua superficiales, indican contaminación por aguas residuales, arrastre de sedimentos y materia orgánica, lavado de suelos (principalmente en la parte alta y media donde predominan los suelos Ultisoles), que son transportadas al río a través de la escorrentía o son depositadas directamente en él por lo que se deduce que la precipitación en esta zona, actúa en forma directa sobre la calidad del agua.

Mora, (1987). concluyó que los efectos de la precipitaciones están condicionados al uso de la tierra, al evaluar la pérdida de suelo en distintas coberturas vegetales (bosques, caminos, agricultura, pasto, etc) en la cuenca del río Pejibaye, C.R., presentando menor erosión la cobertura boscosa, a diferencias del resto del área, las que presentan problemas serios de erosión, aunado a las altas erosividad de las precipitaciones.

En el caso de la microcuenca río Sábalo, los resultados del cálculo de la degradación específica de Fournier (Cuadro 26) clasifican la degradación existente como erosión excesiva, por lo tanto deben tomarse las medidas de control y planificación del uso adecuado de la tierra para evitar que la erosión potencial se convierta en erosión actual y repercuta directamente sobre la calidad del agua.

4.2.4 Impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua , microcuenca río Sábalos, cuenca del Río San Juan.

4.2.4.1 Identificación del problema:

Después de analizar cada una de las variables utilizadas para determinar la calidad del agua en la microcuenca río Sábalos, se deduce que el uso de la tierra en la parte alta, media y baja de la microcuenca tienen mucho que ver con la calidad del agua. Principalmente la parte baja donde la mayoría de las variables (DBO, coliformes fecales, coliformes totales, turbidez, etc.) que identifican la calidad del agua están arriba del máximo tolerable dictaminados por la Legislación Española y la O.M.S, debido a los diferentes usos que se le da a esta parte de la microcuenca principalmente las actividades humanas como: contaminación por desechos domésticos, actividades agrícolas, actividades de construcción y deforestación. Además existe un poco de contaminación natural por lixiviado del suelo.

De acuerdo a la clasificación de De Lange, (1994), en la contaminación del río Sábalos, se pueden identificar dos fuentes: puntuales y no puntuales.

1) Fuentes puntuales de contaminación: son fáciles de localizar ya que se encuentran dentro de la comunidad por ejemplo: basureros, letrinas en mal estado, baños, lavaderos, desagüaderos, que llegan o descargan directamente en el río. Lo que provoca un aumento en las concentraciones de nitratos, nitritos, amonio, cambios en el pH del agua y un aumento en el DBO.

2) Fuentes no puntuales de contaminación: no viene de la comunidad específicamente, más bien se originan de muchas fuentes en un área mayor, por ejemplo las aguas de escorrentías que arrastran sólidos en suspensión, excrementos de personas y animales al aire libre, partículas contaminantes, plantas y animales muertos, que son llevados hasta el río. Ocasionalmente un aumento en los sólidos totales, coliformes fecales y totales en las aguas del río, que puedan repercutir en la salud humana.

La erosión del suelo, causada por el cambio de uso de la tierra, provoca un aumento en la contaminación del agua, esta vez no solo en la parte baja de la microcuenca, sino en la parte alta y media donde es notorio el desgaste y lavado de los suelos por carecer de una protección vegetal adecuada, debido a los diferentes usos (ganadería, agricultura, caminos sin pavimento, sobrepastoreo, etc.) que se le viene dando desde la década de los 80 a la microcuenca

Las limitaciones sociales y económicas en que viven los habitantes de estas zonas aceleran la contaminación de las aguas del río Sábalo, principalmente contaminadas por coliformes fecales y coliformes totales, debido a que la mayoría de los poblados carecen de letrinas en sus casas, no existe un servicio público para la recolección de basura, las actividades de lavado, baño, recreación, pesca, agricultura, ganadería, etc se encuentran mal distribuidas en toda la microcuenca, los cuales aumentan la contaminación y ocasionan grandes problemas en el agua, tanto de estética como de insalubridad.

Esto conlleva a efectos negativos que repercuten en la población como es la proliferación de enfermedades, ya sea por contacto directo o por ingestión del agua contaminada. Las enfermedades pueden manifestarse en mayor o menor escala, dependiendo de la edad y resistencia de las personas. Las enfermedades más comunes en la zona son enfermedades en la piel, hongos, infecciones en heridas, diarrea, vómitos, parásitos, dengue, malaria. La población infantil es la más afectada, ya que aun no han desarrollado los mecanismos necesarios de inmunización.

Por lo tanto, podemos decir que sí existen diferencias en la calidad del agua, con respecto al uso de la tierra. Estas diferencias se dan por los problemas antes mencionados, aunado a la pobreza rural, analfabetismo, falta de conocimiento ecológico-ambiental de la mayoría de los habitantes de la zona, que apresuran cada día más el proceso contaminante.

4.2.4.2 Causas del impacto:

El impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua, en la microcuenca río Sábalos, se ha venido sintiendo después de la década de los 80, con el regreso de un número de personas a sus antiguas propiedades seguidas de un número mayor de campesinos, los cuales se ubicaron desordenadamente en la zona, sin un plan de reasentamiento adecuado por parte del gobierno y que era necesario debido a la fragilidad ecológica-ambiental de esta zona. El término Reasentamiento indica la reinstalación de individuos, familias o enteras aldeas (FAO, 1990). Siempre y cuando el reasentamiento sea planificado, para que no ocasione impactos negativos sobre el medio ambiente

Como consecuencia del reasentamiento en la microcuenca río Sábalos, se ha incrementado la pobreza rural, debido al aumento de mano de obra y la escasez de fuentes de trabajo, lo que obliga a la mayoría de los pobres a trabajar tierras con suelos degradados, en pendientes bien pronunciadas, susceptible a la erosión, en lugares alejados y marginalmente productivos donde lo que producen es solo para subsistir.

4.2.4.3 Naturaleza y atributos del impacto:

Al impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la microcuenca río Sábalos, se le asignó un signo negativo al valorar la magnitud del impacto sobre está. Este impacto es en algunas formas irreversible y en otras acumulativo a largo plazo por las siguientes acciones:

Cambio en los usos del suelo: se le puede catalogar como un cambio negativo irreversible, producido por sustitución del bosque por asentamientos humanos, caminos, accesibilidad de nuevas vías de comunicación a espacios aislados y consiguiente presión sobre ellos, deforestación, áreas con cultivos agrícolas, pastizales, ganadería, aserraderos, etc.

Emisión de agentes contaminantes: se le puede catalogar como un cambio negativo acumulativo a largo plazo, reflejado en la variación de la calidad del agua del río Sábalos debido a la introducción de elementos extraños al medio: materia orgánica,

aguas residuales, plantas y animales muertos, descargas domésticas, combustible y aceites de lanchas, en cantidades superiores a la capacidad de asimilación de este

Sobreexplotación de recursos naturales y/o ecosistemas: causado por la extracción de bienes del ecosistema en cantidades superiores a las tasas de renovación, estas actividades tienen un marcado carácter agrario y ganadero: Pastoreo con excesiva carga de ganado, roza y quema incontrolable, prácticas de cultivos inapropiadas, intensidad de cultivo no acordes con la capacidad de uso del suelo, erosión de suelos, lavado y empobrecimiento de los suelos, pesca y caza sobre especies protegidas, extracción descontrolada de madera y leña de los bosques

Bienes de propiedad común y economía: el problema que aqueja la microcuenca río Sábalos, es igual al de muchos lagos y ríos que hoy se han convertido en vertederos de desechos industriales y urbanos, por carecer de una cuota de protección adecuada a estos recursos. Sin embargo, los efectos se revierten en diferentes formas a los causantes del problema: gastos de movilización de familias campesinas, que practican la agricultura migratoria, gastos en insumos agrícolas en tierras degradadas por el pastoreo excesivo, gastos en medicamentos causados por enfermedades de origen viral (botaderos de basura, defecación al aire libre, etc), por contacto o ingestión de aguas contaminadas, ingresos familiares bajos al disminuir las actividades de pesca y recreación en el río.

Las acciones señaladas anteriormente reflejan el impacto del uso del suelo sobre la calidad del agua, ya que existe un problema de contaminación, al que no se le ha dado la debida atención para detener o disminuir el avance, desde el momento mismo en que se dieron las primeras señales de contaminación de las aguas en el río, ahora una vez producido el efecto la posibilidad de regeneración a las condiciones originales es difícil. Sin embargo la posibilidad de corrección puede hacerse poco a poco con la ayuda de todas las organizaciones que trabajan en la zona y principalmente con el apoyo decidido de los habitantes interesados en preservar los recursos.

4.2.4.4 Impacto del uso de la tierra:

El término impacto indica la alteración que la ejecución de un proyecto introduce en el medio, expresada por la diferencia entre la evolución de éste "sin" y "con" proyecto (GOMEZ, 1994)

Para determinar el impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua, en la microcuenca río Sábalos (Figura 24), se identificaron la mayoría de los elementos implicados en el proceso de degradación, los que señalamos a continuación:

- Síntomas: expresa el efecto del uso de la tierra, el cual es igual a contaminación del río
- Causas: clasifica la contaminación en contaminación puntual y no puntual.
- Efectos: repercuten en el aumentos de enfermedades, gastos económicos, degradación de la ribera del río, disminución de la flora y fauna acuática, disminución de la estética del paisaje, disminución en los beneficios ecológicos, valores de conservación negativos, etc.
- Agentes: son los implicados tanto en las causas como en los efectos, población, municipalidad, agricultores, ganaderos, astilleros, lancheros etc.,
- Sensibilidad: mide el grado de conciencia de los agentes implicados en este caso es poca, por no decir nula
- Percepción: la capacidad de percibir el problema por parte de la población afectada de la microcuenca que si conoce del problema, pero no existen programas, ni actividades que planteen soluciones y que los promuevan a participar.

- Intervención: indica la posibilidad de intervenir sobre las causas, efectos y agentes del impacto, en este caso son pocas por no decir no existen, debido a que hasta ahora se está comenzando a trabajar en el tema de calidad ambiental

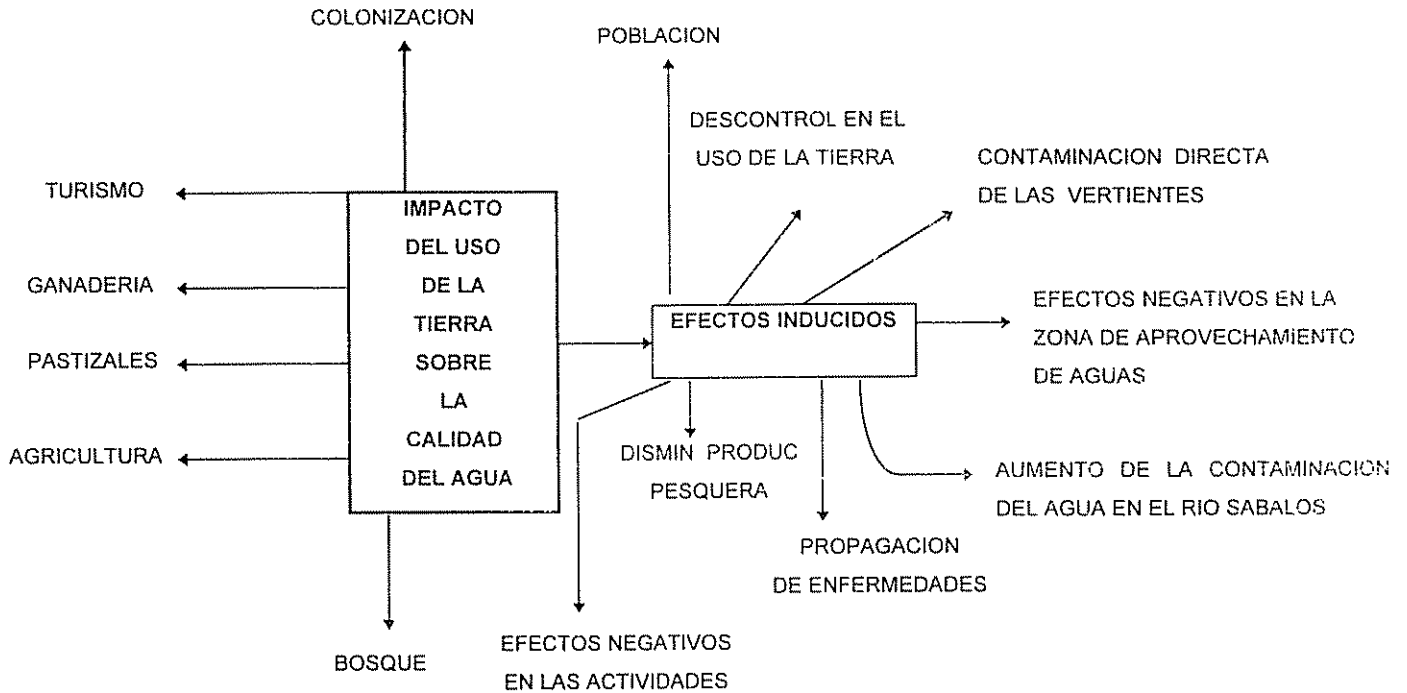


Figura 24 Impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua, microcuenca río Sábalo, cuenca Río San Juan, Nicaragua

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones:

1- A pesar de que el uso actual del suelo, en la microcuenca río Sábalos, sea apropiado para urbanización, agricultura y ganadería, es recomendable que estas actividades se realicen aplicando medidas de conservación y protección, que controlen o mitiguen los impactos negativos que ocasionan sobre el ecosistema y en la calidad del agua.

2- El mayor problema de contaminación lo ocasionan los coliformes fecales y totales que son descargados al río, lo que acarrea efectos negativos sobre el ecosistema con la disminución de los recursos acuáticos, estética y sobre todo en la salud humana. Sin embargo, no se deben descuidar el resto de las variables aquí analizadas, que se encuentran cercanas al límite máximo permisible

La parte alta de la microcuenca presenta la menor contaminación, seguida de la parte media y por último la parte baja

3- Una de las causas del impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua y posiblemente la más importante es la pobreza rural que reflejan las condiciones existentes de salud, saneamiento y educación en que viven los habitantes de esta zona y fomentan la destrucción de los recursos.

4- Diversos factores como: la abundancia de las precipitaciones 2, 845 mm, relieve, la naturaleza del suelo y vegetación, el arrastre de sedimentos, ubican la erosión potencial de la microcuenca en la categoría de erosión excesiva 3.107,55 Ton/Km²/año, calculada por la Degradación Específica de Fournier.

5.2 Recomendaciones

1- Se hace necesario promover acciones interinstitucionales concretas y reales que formulen una planificación adecuada al verdadero uso de la tierra (prácticas de conservación de suelos, reforestación, letrinización y otros servicios básicos, etc.) en la microcuenca río Sábalo, elevando el nivel de vida de la población.

2- Establecer una red de monitoreo de las aguas del río Sábalo, tomando en cuenta el comportamiento de cada variable analizada y tomar las medidas preventivas, correctivas o de mantenimiento, según sean las proximidades al límite máximo permisible de cada variable.

A la vez se recomienda llevar registros de la evolución o disminución del proceso contaminante, en distintas épocas del año.

3- A pesar de que en la microcuenca existen varias organizaciones que trabajan en conjunto, tales como: MINSA, INAA, MARENA, y algunas ONG'S encargadas de la administración y aprovechamiento de los recursos, aun no han prestado la debida atención al impacto que causa el uso de la tierra sobre la calidad del agua.

4- Se debe prestar mucha atención a la escala de tiempo y espacio que rige el problema de contaminación de las aguas del río Sábalo y tomar las medidas necesarias para su control, o corrección, ya que este tipo de contaminación causa efectos pocas veces reversible o de altos costos para su tratamiento.

5- Brindar a los habitantes de la microcuenca río Sábalo nuevas alternativas de trabajos, implementando sistemas silvopastoriles, agroforestales, comercialización de productos no maderables, que ayuden a disminuir la pobreza y deterioro en que se encuentran los bosques, suelos y principalmente los pobladores de la microcuenca.

6- Controlar la inmigración de nuevas familias a la región por medio de zonificaciones de los asentamientos, de manera que no perjudiquen el desarrollo normal del bosque húmedo tropical (despale, erosión, sedimentación, etc) y la calidad de sus aguas.

6. BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR, N. 1988. Determinación de prioridades y formulación de opciones de manejo para conservación de suelos y aguas en la cuenca del río Caldera, Boquete, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. p. 74
- AGUIRRE, J. 1977. Hidráulica de sedimentos. Mérida, Venezuela; Universidad de los Andes - CIDIAT. p. 3 (mimeografiado)
- ARIAS, H. 1990. Conceptos del manejo de cuencas hidrográficas. In Simposio Nacional sobre el Agua, en el Manejo Forestal. (11, 1990 Chapingo, México). Memorias. Chapingo, Universidad Autónoma de Chapingo. p. 88-94
- BERTSCH, F. 1995. Grupos de suelos y su manejo para cada nutrimento. Fertilidad de los suelos y su manejo. San José, C. R., Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. p. 107
- BUSTOS, A.; ORTEGA, C.; SASTRE, I. 1992. Determinación del grado de contaminación de los ríos mediante el estudio conjunto de la composición de sus aguas y sedimentos. Suelo y Planta, España. no. 2: 505-516
- CABALLERO, M. 1990. El bosque como sistema de producción de agua. In Simposio Nacional sobre el Agua, en el Manejo Forestal. (11, 1990 Chapingo, México). Memorias. Chapingo, Universidad Autónoma de Chapingo. p. 161-166
- CABRERA, R. 1987. Identificación de áreas críticas con base en criterios biofísicos y análisis básico de la degradación específica y transporte de sedimentos en la cuenca superior del río Chixoy, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. p. 48
- CASTIGLIONE, J. 1991. Estrategia de conservación del bosque húmedo tropical del sureste de Nicaragua y proyectos anexos. San José, C. R., UICN-ORCA. p. 1-14
- CANDANEDO, C.; *et al.* 1986. Erosión y sedimentación. Efectos en el embalse Bayano y en la represa A. Villalaz. In Seminario - Taller Problemática de la Cuenca Alta del Lago Bayano. (1986, Panamá). Panamá, INRENARE - IRHE - CORP. BAYANO- MIPPE-PRMC/CATIE. p. 22
- CIDIAT. 1984. Diagnóstico físico conservacionista en cuencas hidrográficas. Mérida, Ven. p. 22-27
- CIPRES. 1992. Diagnóstico físico - natural y socioeconómico del área de amortiguamiento en Río San Juan. Managua, Nic. p. 67
- CIRA/UNAN; PUNA/UNA; PLAGSALUD/OPS. 1995. Estudio binacional de contaminación por plaguicidas en el Río San Juan. Managua, Nicaragua. p. 18

- CORDERO, A 1977 Un caso de contaminación fluvial: río Bermudez. Metodología para evaluar el impacto agroecológico y ecológico. Tesis Ing Agr San José, Universidad de Costa Rica. p 129
- DE LANGE, E 1994 Manual para el análisis simple de la calidad del agua. Amsterdam, Fundación IWT. _p. irr.
- De ZUANE, J 1990. Drinking water quality. Standards and controls New York, Van Nostrand Reinhold. 523 p
- DILLON W; GOLDSTEIN, M 1984. Canonical correlation analysis. Multivariate analysis, methods and applications. In Probability and mathematical statistics New York , Willey. p. 337-358
- ESTRADA, P. 1986. Manual de control analítico de la potabilidad de las aguas de consumo humano. Madrid, Díaz de Santos p 350
- FAIR, M; GEYER, CH; OKUN, A. 1979. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. México, . 764 p.
- FAO, 1987. La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje. n° 29, rev 1 174 p.
- 1990 Pautas ambientales para los proyectos de reasentamientos en los trópicos húmedos. Estudio FAO Medio Ambiente y Energía. no. 9. p. 1
- FAUSTINO, J 1984. Metodología para la priorización de subcuencas y zonas de tratamiento con fines de conservación de suelos y aguas. Turrialba, C.R, CATIE. p 24
- 1995. Curso de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Estudiantes de posgrado Turrialba, C.R. , CATIE.
- FELICIANI, F; Lo GIUDINE, M. 1987. La calidad de las aguas de uso potable: sugerencias para el desarrollo sanitario. Roma, Italia. Universidad Católica de Occidente, Instituto de Desarrollo Rural de Santa Ana. El Salvador. Istito per la Cooperazione Universitaria. p. 3,4
- FREEMAN III, A. 1987. Control de la contaminación del agua y el aire. Evaluación de costo-beneficio., México, Limusa. p. 159
- GOMEZ, D. 1994. Evaluación de impacto ambiental. 2 ed. rev. corr. y aum. Madrid, Agrícola Española. 259 p.
- GREENBERG, A.; *et. al.* 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington , American Public Health Association. p. irr.
- HENAO, J. 1988. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá, Colombia. Universidad de Santo Tomas. Centro de Enseñanza Desescolarizada. 390 p.

- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, C. R., IICA. 216 p.
- KIRBY, M.; MORGAN, R. 1984. Erosión de suelos. Trad. José Hurtado Vega. México, D.F., Limusa. 375 p.
- LEONARD, H. 1986. Recursos naturales y desarrollo económico en América Central: Un perfil ambiental regional. Trad. Gerardo Budowski y Tirso Maldonado. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 267 p.
- LOPEZ, F.; BLANCO, M. 1968. Aspectos cualitativos y cuantitativos de la erosión hídrica, y del transporte y depósito de materiales. Madrid, Ministerio de Agricultura. p. 71-75.
- MARTINS, M. 1986. Función de la mujer en el suministro de agua, saneamiento y control. In Problemas de la mujer en lo que respecta al suministro de agua y saneamiento. Inventos para resolver un viejo problema. Ottawa, Ont., CIID. p. 68.
- MORA, I. 1987. Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación universal (EUPS): aplicación para definir acciones de manejo en la cuenca del río Pejibaye, Vertiente Atlántica. Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. p. 68.
- OROPEZA, J. 1990. Modelización del impacto ambiental en cuencas hidrológicas. In Simposio Nacional sobre el Agua, en el Manejo Forestal. (11, 1990 Chapingo, México). Memorias. Chapingo, Universidad Autónoma de Chapingo. p. 80.
- OYUELA, D. 1987. Los sistemas de producción agrícola y la determinación de posibles fuentes de contaminación en la subcuenca del río Guajire, cuenca río Guacerique, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 190 p.
- PERRET, S. 1992. Modelo de Fournier, 1960. Metodología de predicción de pérdidas de suelo por erosión hídrica. Ciencia e Investigación Forestal. Vol 6. No 1. p. 107-110.
- UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR/ Instituto de Recursos Naturales/ Centro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras. 1981. Plan de manejo conservacionista de las microcuencas Cocorotico y El Tejar, Distrito Urachiche, estado Yaracuy. Venezuela. Tomo 4, p. 10-21.
- ROMERO, J. 1995. Proyecto Manejo Ambiental y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Río San Juan. Plan Operativo. Managua, Nicaragua. 21p.
- SALAZAR, R. 1993. Normativa ambiental sobre la contaminación de las aguas. San José, C. R., Fundación Cambio. p. 48 Serie ambiental y derecho.

- SEMINARIO, E. 1987. Principios de estabilización de ríos. In Curso regional itinerante post universitario de hidrología y ciencias del agua, Istmo Centroamericano y República Dominicana (CRICA) San José, C. R. Sept/1987. 1 p.
- SERRANO, E. 1990. La producción y valoración del agua un marco conceptual y metodológico. In Simposio Nacional sobre el Agua, en el Manejo Forestal (11, 1990 Chapingo, México) Memorias Chapingo, Universidad Autónoma de Chapingo. p. 177
- SHULZ, CH. ; OKUN, D. 1990. Tratamiento de aguas superficiales para países en desarrollo. Noriega, México, Limusa. 135 p
- SOLIS, H. 1995. Curso de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Estudiantes de posgrado. Cap. 8 Calidad del Agua. Turrialba, Costa Rica, CATIE
- ULLOA, J. 1993. Los distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales y su ámbito de aplicación. Parámetros físicos, químicos y biológicos. In Tratamiento de aguas residuales, basura y escombros en el ámbito rural. Madrid, Agrícola Española. p 17
- UNESCO. 1983. La naturaleza y sus Recursos. Vol. XLX No 2. 1983. La sedimentación en Cuencas Fluviales. Ake Sundborg
- VASQUEZ, C. 1988. Procesos de modelado. Desarrollo dinámico de los sistemas fluviales. In Curso regional itinerante post universitario de hidrología y ciencias del agua, Istmo Centroamericano y República Dominicana (CRICA) Sept/1987. San José, C. R. p. 1,2,5
- VASQUEZ, P. 1990. Efectos de las obras de control de torrentes en los niveles de turbidez del agua en la cuenca del río Nima, Colombia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 108 p.
- VILLA, A. 1989. Identificación de áreas críticas según tipos de erosión en la cuenca del río Barranca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. p. 82,83
- VILLEGAS, J. 1995. Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Reventado, Cartago, Costa Rica, bajo el enfoque de indicadores de sostenibilidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 139 p.

7. ANEXO

Cuadro 1A Matriz de correlación para la variable (1- correlación de variable²)*100

OB	DBO	FOS	CLOR	SOD	NAT	NIT	AMON	PH	TEMP	COND	TURB	SOLT	COLIF	COLT
DBO	0													
FOS	815.5	0												
CLO	349.1	839.9	0											
SOD	832.7	961.3	614.1	0										
NA	998.5	997.8	975.4	998.4	0									
NI	701.9	692.8	745.5	926.4	994.6	0								
AM	998.7	837.4	999.9	968.3	900.4	851.3	0							
PH	957.9	766.4	971.8	1000	948.9	761.8	889.1	0						
TEMP	638.6	754.3	586.1	753.3	849.6	850.5	989.8	994.7	0					
COND	999.2	971.7	998.5	771.6	992.4	974.8	999.5	994.1	965.5	0				
TURB	991.1	753.5	980.2	999.4	960.7	950	987.7	959.2	986	996	0			
SOLT	905.8	688.3	900	953.4	947	828.2	911.5	966.8	705.2	618.5	978.7	0		
COLIF	973.9	885.8	973.9	997.7	1000	873	936.3	995.2	975.1	983.9	910.8	999.2	0	
COLIT	961.5	977	976.1	981.3	979.6	985.1	998.4	962.5	966.2	975.6	998.6	995.2	728.3	0

SIGLAS	NOMBRES DE LAS VARIABLES
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
FOS	Fosfatos
CLO	Cloruro
SOD	Sodio
NA	Nitratos
NI	Nitritos
AM	Amonio
pH	pH
TEMP	Temperatura
COND	Conductividad
TURB	Turbidez
SOLT	Sólidos totales
COLIF	Coliformes fecales
COLIT	Coliformes totales

Anexo. 1A. Análisis no paramétrico según variables en estudio

Kruskal-Wallis analysis of DBO by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb -sm	12 87	12 12	0 067	0 7940
sm- sa	17 66	7 33	12 954	0 0003
sb -sa	15 87	9 12	5 527	0 0187

Kruskal-Wallis analysis of FOSFA by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb -sm	11 66	13 3333	0 3339	0 563363
sm- sa	8 70	16 2917	6 9279	8 48592E-3
sb -sa	7 45	17 5417	12 2381	4 68242E-4

Kruskal-Wallis analysis of CLORU by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb -sm	14 54	10 4583	2 16255	0 141409
sm- sa	14 54	10 4583	2 085150	148738
sb - sa	16 08	8 91	6 41143	0 0113388

Kruskal-Wallis analysis of SODIO by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb - sm	13 37	11 62	0 370074	0 542964
sm- sa	9 41	15 58	4 57128	0 0325122
sb - sa	9 58	15 41	4 09045	0 0431262

Kruskal-Wallis analysis of NITRA by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb - sm	12 50	12 50	0 0	1 0
sm- sa	12 45	12 54	8 41381E	0 976859
sb - sa	13 58	11 41	0 567528	0 451243

Kruskal-Wallis analysis of NITRI by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb -sm	10.37	14.62	2.20294	0.137748
sm- sa	9.25	15.75	5.15973	0.0231164
sb - sa	8.62	16.37	7.29632	6.90958E-3

Kruskal-Wallis analysis of AMONIO by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb -sm	12.60	9.54	1.27439	0.258945
sm- sa	12.68	7.83	3.36516	0.0665892
sb - sa	12.80	6.88	5.28227	0.0215436

Kruskal-Wallis analysis of pH by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb -sm	12.16	12.83	0.0548	0.814772
sm- sa	16.91	8.08	9.5629	1.98548E-3
sb - sa	15.79	9.20	5.2882	0.0214704

Kruskal-Wallis analysis of TEMP by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb -sm	15.75	9.25	6.15032	0.0131389
sm-sa	12.16	12.83	0.06167	0.803872
sb -sa	15.50	9.50	4.77692	0.0288436

Kruskal-Wallis analysis of CONDU by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb -sm	9.75	11.62	0.501368	0.4789
sm-sa	4.50		0	
sb -sa	6.50		0	

Kruskal-Wallis analysis of TURBI by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb -sm	11.10	11.83	0.0724706	0.787773
sm-sa	13.33	11.66	0.347852	0.555331
sb -sa	12.10	11.00	0.161916	0.687399

Kruskal-Wallis analysis of SOLT by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb -sm	11.87	13.12	0.18823	0.664388
sm-sa	9.50	15.50	4.34646	0.037086
sb -sa	8.25	16.75	8.71166	3.1618E-3

Kruskal-Wallis analysis of COLIF by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb -sm	10.91	14.08	1.2107	0.271193
sm-sa	13.95	11.04	1.02306	0.311795
sb -sa	11.91	13.08	0.163903	0.685588

Kruskal-Wallis analysis of COLIT by puntos

Level	Sample Size	Average Rank	Test statistic	Significance level
sb -sm	10.37	14.62	2.17412	0.14035
sm-sa	14.37	10.62	1.69118	0.19344
sb -sa	11.91	13.08	0.163475	0.68597

Anexo. 2A. Grupos de cluster encontrados

OBS	CLUSTER	IDENT
1	1	DBO
2	1	Cloruro
3	1	Temp
4	1	Sodio
5	2	Conduc
6	2	Sólidos totales
7	3	Fosfato
8	3	Nitritos
9	3	pH
10	3	Amonio
11	4	Coliformes fecales
12	4	Coliformes totales
13	5	Turbidez
14	6	Nitratos

Cuadro 2A Clasificación de aguas crudas con respecto a procesos de tratamiento.

Clases	Promedio de Coliformes, número más probable (NMP) por 100 ML	Turbiedad (UTN)	Color (Escala de platino cobalto)	Hierro (mg/l)	Sólidos totales (mg/l)	Cloruros (mg/l)	Dureza (mg/l)	Crecimiento de algas y plancton
I	<1	< 25	< 50	< 1 0	< 1 500	< 600	< 250	insignificante
II	<2	< 25	< 50	< 1 0	< 1 500	< 600	< 250	Insignificante
III	<2 <50	< 25	< 50	< 1 0	< 1 500	< 600	< 250	Insignificante
IV	<50	< 50	< 50	< 1 0	< 1 500	< 600	< 250	Insignificante
V	<50	< 75	< 50	< 1 0	< 1 500	< 600	> 250	Insignificante
VI	<50	< 250	< 70	< 2 5	< 1 500	< 600	< 250	Insignificante
VII	<1 000	< 250	-	< 2 5	< 1 500	< 600	< 250	Insignificante
VIII	<5 000	< 250	-	< 2 5	< 1 500	< 600	< 250	Insignificante
IX	<20 000	< 250	-	< 2 5	< 1 500	< 600	< 250	Insignificante
X	<20 000	< 250	-	< 2 5	< 1 500	< 600	< 250	Insignificante
XI	<20 000	< 250	-	< 2 5	< 1 500	< 600	> 250	Insignificante

Legislación Técnico Sanitaria Española (Tratamiento de aguas, superficiales para países en desarrollo 1990)

Cuadro 3A Tratamiento de aguas según clase de contaminación

Clases	Tratamiento mínimo posible	Ejemplo de fuente
I	Ninguno	manantial protegido
II	Cloración	manantial
III	Pretratamiento químico y cloración	represa
IV	Remoción de hierro y cloración	agua subterránea
V	Reducción de dureza y cloración	agua subterránea
VI	Filtración lenta de arena y cloración	arroyo de montaña
VII	Pretratamiento-filtración lenta de arena y cloración; filtración de flujo ascendente-descendente y cloración	agua clara de lagos o represas
VIII	Coagulación-sedimentación-filtración-cloración	rio
IX	Filtración de flujo ascendente-flujo descendente y cloración	rio o lago bajos en oxígeno
X	Aeración-coagulación-sedimentación-filtración-cloración	rio muy turbio
XI	Pretratamiento-coagulación-sedimentación-filtración-cloración Coagulación-sedimentación-filtración-reducción de dureza-cloración	rio

Fuente: Adaptada de Azevedo-Netto Legislación Técnico Sanitaria Española (Tratamiento de aguas, superficiales para países en desarrollo, 1990)

Cuadro 4A Normas de O.M.S. (Organización Mundial de la Salud) para la calidad de agua potable.

Parámetro	Unidad	Valores normativos
CALIDAD MICROBIOLÓGICA		
Coliformes fecales	número/100 ml	cero ^a
Organismos coliformes	número/100 ml	cero ^a
COMPONENTES INORGÁNICOS		
arsénico	mg/l	0.05
cadmio	mg/l	0.005
Cromo	mg/l	0.05
Cianuros	mg/l	0.1
Fluoruros	mg/l (N)	1.5
Plomo	mg/l	0.05
mercurio	mg/l	0.001
Nitratos	mg/l	10
Selenio	mg/l	0.01
QUALIDAD ESTÉTICA		
Aluminio	mg/l	0.2
Cloruros	Unidad de color natural (UCN)	250
Color	mg/l	15
Cobre	mg/l	1.0
dureza	mg/l	500
Hierrro	mg/l	0.3
Manganeso	mg/l	0.3
pH	mg/l	6.5 a 8.5
Sodio	mg/l	200
Sólidos Totales (disueltos)	mg/l	1000
Sulfatos	mg/l	400
Sabor y olor	UTN	inofensivo para la mayoría de los consumidores
Turbiedad	UTN	5
Zinc	mg/l	5.0

Fuente: O.M.S. 1984a

^a Agua tratada entrando al sistema de distribución

ICAITI

Cuadro 5A Estandar de calidad de agua, para consumo humano

CARACTERISTICAS	LMA
Físicas	
Sólidos Totales	500.0 mg/L
Sólidos en Suspensión	2.0 mg/L
Turbidez	5.0 utj
Temperatura	18° - 30° C
Ph	7.0 - 8.5
Químicas	
DBO	2.0 mg/L a 20°C
Nitratos	0.10 mg/L
Amonios	18.0 mg/L
Fosfatos	0.02 mg/L
Cloruros	1.0 mg/L
Sodio	1.0 mg/L
Biológicas	
Coliformes Fecales	2.2 colif. en 100cm ³

LMA = limite máximo aceptable

Cuadro 627A Precipitación microcuenca río Sábalos
 INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

INETER

PARAMETRO · PRECIPITACIÓN (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1966	93	148	146	97	336	429	253	259	243	289	250	305	2848
1967	297	110	136	128	336	304	606	279	420	344	684	314	3958
1968	91	23	75	0	217	199	363	270	268	394	462	414	2776
1969	311	0	0	18	288	495	551	353	454	196	232	112	3017
1970	171	110	95	180	289	411	458	405	272	227	151	334	3071
1971	300	111	98	29	172	371	336	207	451	251	254	228	2813
1972	427	50	22	57	290	274	666	231	438	281	333	412	3475
1973	57	74	9	32	218	379	503	307	243	261	579	124	2786
1974	252	67	77	129	170	230	285	496	247	440	225	331	2949
1975	144	37	39	85	55	319	375	501	404	437	274	179	2849
1976	182	195	38	75	243	549	662	378	290	300	270	190	3372
1977	98	50	60	79	153	384	397	472	245	236	257	236	2671
1978	85	27	52	43	261	249	378	399	293	274	203	226	2495
1979	79	80	110	207	75	538	218	0	208	277	296	360	2434
1980	42	53	66	37	239	337	424	360	218	0	343	141	2261
1981	116	162	104	211	286	359	402	680	228	283	123	129	3083
1982	152	138	21	53	299	182	517	475	385	335	176	0	2733
1983	0	37	38	6	237	314	411	314	284	366	233	239	2479
1984	116	93	31	39	155	322	304	577	333	281	98	270	2619
1985	169	67	128	49	180	309	550	304	315	230	204	255	2760
1986	138	76	63	65	116	423	566	369	507	279	289	406	3297
1987	55	8	3	31	115	314	511	0	213	342	249	0	1841
suma	3375	1716	1411	1650	4730	7691	9736	7636	6959	6323	6185	5205	62587
media	153	78	64	75	215	350	443	347	316	287	281	237	2845
max	427	195	146	211	336	549	666	680	507	440	684	414	3958
min	0	0	0	0	55	182	218	0	208	0	98	0	1841